



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

교육학박사 학위논문

‘생명의 연속성’의 통합적 이해를
위한 생명과학 교육과정 연계
과학관 전시 콘텐츠 개발

2016년 8월

서울대학교 대학원
과학교육과 생물전공
안 주 현

‘생명의 연속성’의 통합적 이해를
위한 생명과학 교육과정 연계
과학관 전시 콘텐츠 개발

지도교수 전 상 학

이 논문을 교육학박사 학위논문으로 제출함
2016년 5월

서울대학교 대학원
과학교육과 생물전공
안 주 현

안주현의 박사 학위논문을 인준함
2016년 7월

위 원 장 _____ (인)

부위원장 _____ (인)

위 원 _____ (인)

위 원 _____ (인)

위 원 _____ (인)

국문초록

생명의 연속성은 지구의 역사 속에서 최초의 생명이 탄생한 이래로 수많은 세대를 거쳐 유전 정보를 전달하고, 환경과 상호작용하여 현재에 이르기까지의 연속적인 과정을 담고 있는 생물의 핵심적인 특성이다. 고등학교 생명과학 교과에서 생명의 연속성은 세포와 세포분열, 생식과 발생, 유전, 유전자와 형질발현, 진화에 이르기까지 여러 단원들을 교과 내에서 통합적으로 연계할 수 있는 주제이며 등장하는 개념의 수와 수준이 다양하므로 통합학습이 필요하다. 이에 본 연구는 생명의 연속성의 통합적인 이해를 높이기 위해 형식교육과 연계하여 이용할 수 있는 고등학교 수준의 과학관 전시 콘텐츠를 개발하는 것을 목적으로 하였다

우선 제1차~2015 개정 교육과정 시기별로 생명의 연속성의 통합성이 어떻게 나타나는지를 분석하였으며, 교육과정에 등장하는 생명의 연속성 관련 내용요소들을 분석하여 범주화하였다. 전문자료에서 각 범주 간 연계를 강화할 수 있는 요소들을 추출하여 기존 내용요소를 보완하였으며, 이를 토대로 과학 전시를 위한 전시 기획 프로세스에 따라 전시 주제 선정, 전시 콘텐츠 기획, 전시 콘텐츠 평가의 세 단계를 거쳐 전시 콘텐츠를 개발하였다. 모든 자료는 세 종류 이상의 출처에서 확인 후 추가하였으며, 개발한 콘텐츠는 전문가의 검토 및 평가를 거쳤다. 연구 결과 고등학교 교육과정에서 생명의 연속성은 1차 교육과정부터 2015 개정 교육과정까지 지속적으로 다루어져 왔으나 교육과정 시기에 따라 분절된 형태로 운영되어 수평적 연계성이 부족하였다. 주요 내용요소들은 세포분열, 생식과 발생, 유전, 형질발현, 진화로 범주화할 수 있었으며, 생물학적 근거를 통해 다섯 범주 간 연계성을 확보할 수 있

었다. 전시 콘텐츠의 주제는 생명의 연속성으로 하였으며, 생명의 진화가 생명의 연속성 내용요소 간 논리적 상호관련성을 제공해주는 틀의 역할을 한다는 점에 기초하여 생명의 진화를 중심으로 생명의 연속성을 이루는 내용요소들을 교육과정과 연계하여 스토리텔링 하였다. 개발한 전시 콘텐츠의 메인 테마는 「Live Evolution Center: on-air(라이브진화센터)」로 선정하였으며, 전체 전시 내용을 ‘우리의 공통점’, ‘생명의 기원’, ‘진화의 핵심사건’, ‘유전자와 변이’, ‘성과 유전적 조합’, ‘환경과 자연선택’, ‘Open Lab’의 7개의 주제로 구성하여 관람자들이 26개의 세부 소주제 전시물을 통해 ‘생명은 어떻게 다양하게 이어져 올 수 있었을까?’라는 핵심 질문을 탐구하는 형식으로 구성하였다. 전시의 주요 소재들은 교육과정과 직접적으로 연계하기 쉬운 것을 선정하여 관람자와의 친밀함을 유도하였으며, 체험형 전시물의 비중을 높이고, 전시와 관람자의 활발한 상호 소통을 유도하는 Open Lab을 배치하여 기존 전시들과의 차별성을 확보하였다. 개발한 콘텐츠의 평가 결과 생명의 연속성 내용요소 반영정도, 교과내용 연계 가능성, 학습자의 통합적 이해를 돕는 측면, 과학에 대한 흥미 고취 측면에서 모두 높은 평가를 받았다.

본 연구는 생명의 연속성의 통합적 이해를 높이기 위한 방안으로 진화를 중심으로 한 내용적 통합과 형식교육과 비형식교육을 연계하는 형식적 통합을 제안하였으며, 전시 기획의 모든 단계를 과학교육적 관점에서 진행하여 향후 새로운 과학전시 콘텐츠의 개발과 통합과학교육 방법의 모색에 대한 시사점을 제공하였다는 점에서 의의가 있다.

주요어 : 생명의 연속성, 진화, 교육과정, 통합, 과학관, 전시

학 번 : 2010-30411

목 차

제 1 장 서 론	1
제 1 절 연구의 필요성	1
제 2 절 연구 목적 및 연구 문제	5
제 2 장 이론적 배경	6
제 1 절 교과 내 통합을 위한 생명의 연속성	6
1. 교육과정 연계성과 교과 내 통합	6
2. 생명과학 교과 내 통합주제로서의 생명의 연속성	10
제 2 절 형식 교육과 비형식 교육의 연계	13
1. 형식 교육과 비형식 교육	13
2. 과학관의 정의와 기능	15
3. 과학관을 통한 형식 교육과 비형식 교육의 연계	16
제 3 절 과학관 전시	20
1. 전시의 개념과 역할	20
2. 과학관 전시의 특성	21
3. 과학관 전시 콘텐츠 기획	24
제 3 장 연구 절차 및 방법	37
제 1 절 연구 절차	37
제 2 절 연구 방법	39
1. 우리나라 교육과정에 나타난 생명의 연속성 내용요소 분석	39
2. 생명의 연속성 내용요소 간 통합성 강화를 위한 생물학적 요소 보완	40

3. 생명의 연속성의 통합적 이해를 위한 과학관 전시 콘텐츠 개발	42
4. 개발한 전시 콘텐츠의 검토 및 평가	47

제 4 장 연구 결과 및 논의 50

제 1 절 생명의 연속성의 통합적 이해를 위한 교육과정 및 생물학적 내용요소 분석 50

1. 교육과정 변화에 따른 내용 구성과 연계 분석	50
2. 교육과정 내의 생명의 연속성 주요 개념 범주화	65
3. 교육과정 통합성 보완을 위한 생물학적 내용 분석 ...	67

제 2 절 생명의 연속성의 통합적 이해를 위한 교육과정 연계 과학관 전시 콘텐츠 개발 77

1. 전시 주제 선정 및 내용 재구성	77
2. 교육과정 연계 과학관 전시 콘텐츠 기획	84
3. 전시 콘텐츠 개발 결과 검토 및 평가	160

제 5 장 결론 및 제언 176

제 1 절 결론 176

제 2 절 제언 178

참고문헌 180

Abstract 189

표 목 차

[표 1] 교육과정 연계성에 대한 다양한 정의	7
[표 2] 체험형 전시의 특성	23
[표 3] 과학관 전시 기획 프로세스	26
[표 4] 과학관 전시 요소	27
[표 5] 과학관 전시 매체의 분류	29
[표 6] 시퀀스 내러티브 서사 과정	32
[표 7] 생명의 연속성 내용 범주 간 연계성 강화를 위해 이용한 참고 자료	41
[표 8] 전시 요소의 구성	45
[표 9] 평가 참여 교사 배경	47
[표 10] 전시 평가를 위한 문항 구성	48
[표 11] 제1차~제3차 교육과정 내용요소	53
[표 12] 제4차~제5차 교육과정 내용요소	56
[표 13] 제6차~2007 개정 교육과정 내용요소	60
[표 14] 2009 개정~2015 개정 교육과정 내용요소	61
[표 15] 생명의 연속성 내용요소 범주	66
[표 16] 전시 주제 구조화 및 소주제 선정	83
[표 17] 국립과천과학관 기존 전시물 분석	93
[표 18] 「Ⅰ-1. 우리의 공통점」 스토리텔링	101
[표 19] 「Ⅱ-1. 생명의 기원을 찾아서」 스토리텔링	102
[표 20] 「Ⅱ-2. 원시 대기로부터의 가능성」 스토리텔링 ···	103
[표 21] 「Ⅱ-3. 깊은 바닷속으로부터의 가능성」 스토리텔링 ·	104
[표 22] 「Ⅲ-1. 광합성생물과 지구환경의 변화」 스토리텔링 ·	107
[표 23] 「Ⅲ-2. 원핵생물이 진핵생물로」 스토리텔링	108
[표 24] 「Ⅲ-3. 단세포 생물이 다세포 생물로」 스토리텔링	109

[표 25]	「IV-1. DNA에서 생명으로」 스토리텔링	112
[표 26]	「IV-2. 작은 차이 큰 변화」 스토리텔링	113
[표 27]	「IV-3. 줄무늬와 피부 색소 유전자」 스토리텔링 ..	115
[표 28]	「IV-4. 돌연변이 초과리」 스토리텔링	116
[표 29]	「IV-5. 유전자에 담긴 공통조상의 증거」 스토리텔링	117
[표 30]	「IV-6. 가깝고도 먼 너와 나」 스토리텔링	118
[표 31]	「V-1. 무성생식」 스토리텔링	121
[표 32]	「V-2. 유성생식」 스토리텔링	122
[표 33]	「V-3. 영차영차 집게발」 스토리텔링	123
[표 34]	「VI-1. 다윈과 자연선택」 스토리텔링	127
[표 35]	「VI-2. 핀치의 발견」 스토리텔링	128
[표 36]	「VI-3. 핀치의 변화」 스토리텔링	129
[표 37]	「VI-4. 핀치의 유전자」 스토리텔링	132
[표 38]	「VI-5. 자연이 되어 선택해 보세요」 스토리텔링 ..	133
[표 39]	「VI-6. 특별하게 적응한 다양한 눈」 스토리텔링 ..	134
[표 40]	「VI-7. 어떻게 보일까요」 스토리텔링	135
[표 41]	「VI-8. 연체동물의 다양한 눈」 스토리텔링	136
[표 42]	「VII-1. 시연대」 스토리텔링	138
[표 43]	「VII-2. 계시판」 스토리텔링	139
[표 44]	라이브진화센터 전시 요소	142
[표 45]	라이브진화센터 전시 평가	162

그 립 목 차

[그림 1] 학습내용 조직의 원리	8
[그림 2] 비형식 학습의 분류	14
[그림 3] 전시물 구성에 따른 전시 성격	21
[그림 4] 내러티브 피라미드의 종류	31
[그림 5] 스토리텔링과 전시 공간의 유사 관계	35
[그림 6] 연구 개요 및 절차	38
[그림 7] 전시 콘텐츠 개발 과정	43
[그림 8] 교육과정 연계 전시 스토리텔링 구성 요소 선정	44
[그림 9] 연구에 사용한 전서관련 용어의 범위	46
[그림 10] 생명의 연속성 내용요소 워드 클라우드	66
[그림 11] 세포분열-생식과 발생-유전 연계	69
[그림 12] 세포분열-생식과 발생-유전-형질발현 연계	72
[그림 13] 세포분열-생식과 발생-유전-형질발현-진화 연계 ·	75
[그림 14] 전시 콘텐츠 개발을 위한 내용요소 선정 방법 ·	78
[그림 15] 생명의 진화를 중심으로 한 생명의 연속성 전시 콘텐츠 내용 조직도	79
[그림 16] 라이브진화센터 전시 스토리라인	80
[그림 17] 라이브진화센터 상징 이미지	85
[그림 18] 전시 주제 개념 배치도	96
[그림 19] 「Ⅰ. 우리의 공통점」 전시 구성	146
[그림 20] 「Ⅱ. 생명의 기원」 전시 구성	147
[그림 21] 「Ⅲ. 진화의 핵심사건」 전시 구성	149
[그림 22] 「Ⅳ. 유전자와 변이」 전시 구성	150

[그림 23] 「V. 성과 유전적 조합」 전시 구성	153
[그림 24] 「VI. 환경과 자연선택」 전시 구성(1)	154
[그림 25] 「VI. 환경과 자연선택」 전시 구성(2)	155
[그림 26] 「VI. 환경과 자연선택」 전시 구성(3)	156
[그림 27] 「VII. Open Lab」 전시 구성	157
[그림 28] 전시 콘텐츠 개발 결과 종합	159
[그림 29] 콘텐츠 수준 설문 결과	168
[그림 30] 콘텐츠 추천 대상 설문 결과	169
[그림 31] 콘텐츠 추천 관람시기 설문 결과	170
[그림 32] 학교-과학관 연계 교육 운영 설문 결과	171
[그림 33] 학교-과학관 연계 교육 시기 설문 결과	172
[그림 34] 학교-과학관 연계 교육 장애요소 설문 결과	174
[그림 35] 학교-과학관 연계 교육 실행 의향 설문 결과 ...	175

제 1 장 서 론

제 1 절 연구의 필요성

생명의 연속성은 지구의 역사 속에서 생명이 탄생하고 살아가며 현재에 이르기까지의 계속적인 과정을 담고 있는 부분으로 생식과 발생부터 세포, 유전, 발생, 진화 등 다양한 영역의 내용요소들을 포함하고 있는 통합적 성격의 주제이다. 연속성은 존속하는 현재의 생물종에만 해당하는 것이 아니라 이미 멸종되어 흔적만 남아 있는 생물종에도 해당한다. 인간의 유전자 안에는 35억 년 전 원핵생물에서 오늘날 인간에 이르는 모든 생물학적 정보들이 시간적으로 누적되어 있다. 지구 최초의 생명체가 탄생하면서 원시 원핵세포에서 인간으로 진화하기까지의 모든 생명 정보는 오늘날 존재하는 생물종 모두에게 공유되어 있다. 과거와 현재, 미래를 연속적으로 이어가는 것은 생명의 중요한 특징 중의 하나이다. 따라서 생명과학을 이해하고 생명 현상들을 설명할 때 절대로 간과해서는 안 되는 것이 진화의 역사이다(최종덕, 2014). 생명과학적 설명이란 이러한 역사에 근거한 설명이자 기술이다. 다윈의 진화론에서 멘델의 유전학을 거쳐 현재의 분자생물학으로 이어지는 일련의 생명과학 이론들의 발전 과정을 보면, 크고 작은 생명 현상들이 분자적으로 이해되면서 점점 더 자세하고 정확히 설명되고 있는 것을 알 수 있다(유선경, 2014). 이것은 진화의 관점에 비추어보지 않으면 생명 현상은 아무런 의미가 없다는 Dobzhansky(1973)의 주장과 일맥상통한다. 이를 종합해볼 때 생명의 연속성은 궁극적으로 생명의 진화를 중심으로 생식과 발생, 세포, 유전, 진화, 분자생물학 등을 통합할 수 있는 핵심 주제가 된다.

진화는 다양한 생명현상을 총괄하여 통합적으로 설명할 수 있는 이론

으로, 과학사적으로 중요한 발견일 뿐만 아니라 다양한 생물 영역의 다양한 개념들을 통합하고(Mayr, 1997), 생물학의 모든 영역에서 생물을 이해하는 배경이 될 뿐만 아니라 학습자가 다양한 생물학적 개념들을 형성하고 통합시키는 개념이다(박재근, 2013; 박종분 등, 2003; 이춘승 등, 2007; AAAS, 1989; NRC, 1996). 2010년 미국 진화학회에 발표된 논문 1500편을 분석한 하민수 등(2010)의 연구에 따르면 「Evolution」에 게재된 논문들의 영역이 유전학부터 분자생물학, 생태학에 이르기까지 거의 모든 생물학 영역들을 망라하고 있는 것으로 나타났는데, 이는 진화가 생명과학 영역에서 통합적 사고를 위한 틀임을 실증적으로 증명한다. 또한 진화를 과학 교과에 제대로 인정하고, 그 중요성에 상응하는 방식으로 강조 및 지도해야 한다는 것에 대해 전 세계 많은 과학자들과 교사들이 공감하고 있으며(김학현, 장남기, 2003; Sober, 1993), 미국의 경우 초·중·고의 교육과정에 진화 내용을 필수적으로 포함시키고, 과학교육표준에 진화를 과학 전체 내용을 통합하는 개념적 중심원리로 포함시킨 바 있다(NRC, 1996). 하지만 선행연구에 따르면 이러한 중요성에도 불구하고 우리나라의 학교교육에서는 진화를 생물학을 통합하는 중심적인 개념으로 접근하기보다는 생물학을 구성하는 하나의 하위개념으로 제한하여 지도해 왔으며, 그마저도 선택 교육과정으로 인한 연계성 저하로 교육에 어려움을 겪고 있는 것으로 나타났다(우현주, 차희영, 2013). 생명의 연속성은 복잡하고 거대한 개념 구조를 이루고 있으며, 개체 수준과 세포 수준, 분자 수준의 다차원적 관점을 포함하므로, 이를 체계적으로 이해하는 것이 필요하다. 진화는 이러한 생명과학 교과의 통합적 이해의 바탕이 되므로 진화 교육의 문제점은 결국 생식과 발생, 유전, 세포분열, 분자생물학 등 생명의 연속성을 이루는 개념 간 통합적 이해의 어려움으로 이어지게 된다.

본 연구에서는 진화를 비롯한 생명의 연속성의 통합적 학습의 어려움을 해소하기 위한 방안을 과학관을 이용한 비형식 학습과의 연계에서 찾고자 하였다. 오늘날 과학관은 학교 교육을 학교 밖으로 연장시킬 수 있

으며 일반 대중을 위한 평생 교육의 장으로서의 역할을 통해 과학과 기술, 자연에 대한 소양을 넓혀주는 기능을 한다(Henriksen & Frøyland, 2000; Henriksen & Jorde, 2011; Koster, 1999; Semper, 1990). 과학관에서 이루어지는 비형식 과학학습은 학생들이 과학에 더 큰 흥미를 갖게 할 뿐만 아니라 과학을 더 잘 이해하게 할 수 있어 그 중요성이 크다(김찬중 등, 2010; Osborne & Dillon, 2007). 또한 과학관은 학교 교육의 환경적 제약에서 벗어나 학생들이 보다 적극적이고 역동적인 과학적 경험을 할 수 있게 해준다. 이러한 과학관의 특성은 과학관 교육의 통합적 성격을 유발하게 된다. Gardner(2000)는 과학관을 비롯한 박물관은 다양한 지능들이 매우 효과적으로 교수·학습될 수 있는 환경이라고 그 중요성을 언급한 바 있으며, Davis(2005)는 박물관에서의 학습은 실제 전시물을 중심으로 이루어지므로 통합학습이 잘 이루어질 수 있다고 하였다. 실제 전시물은 오감을 통한 학습이 가능하며, 전시물을 둘러싼 여러 다른 층위에 대한 학습 자체가 통합적 접근으로 가장 잘 이루어질 수 있기 때문이다.

그러나 과학관의 전시물과 과학관에서 이루어지는 학습의 연계 및 통합적 성격에 대해서는 아직 연구가 부족한 상황이며, 대부분의 과학관 및 박물관에서 이루어지는 교육들은 일회적인 체험 프로그램의 기회로 인식되고 있을 뿐 과학관 자체를 창의적이고 조직적, 체계적인 학습이 이루어질 수 있는 공간이라는 인식이 부족하다. 특히 전시물에 관해서는 활동지 개발이 즉흥적이고 일회적으로 이루어져 학교교육과의 체계적인 연결이 어려움이 지적되었다(강인애, 2012; 류재만, 2008; 이정원, 2012). 이와 비교하여 영국의 경우에는 박물관 교육이 국가수준 교육과정의 성취기준, 학교교육과정, 박물관의 전시내용이 철저한 분석과 계획에 의해 학교교육과의 연계에 의해 이루어져서 학교교육을 보완 및 상승시키는 역할을 하고 있음이 연구된 바 있다(국성하, 2008). 과학교육 분야에서 과학관 전시물에 관한 연구는 대부분 기존에 전시된 전시물이나 전시 패넌을 분석(김소희, 송진웅, 2003; 공예진, 신명경, 2012; 문현주, 신명경,

2014; 임미혜 등, 2010)하거나 연계 교육프로그램의 개발 또는 관람자나 관람동선 등 전시물 외 환경 분석(김성원, 최고운, 1999; 임지은, 이봉우, 2014) 연구들 위주로 이루어졌을 뿐 과학교육적 측면에서 과학관의 전시물을 기획 또는 개발하는 연구는 거의 이루어지지 않고 있다. 또한 연구 대상 측면에서는 전시기획 또는 전시물 연계 교육 관련 연구들이 관람대상을 대부분 아동이나 초등학생으로 선정하여 이루어진 경우(강인애, 설연경, 2009; 김이슬 등, 2011; 손정주 등, 2009)가 많은 것으로 나타났다. 그러나 최근 자유학기제의 확대와 체험학습, 진로교육 등의 과학관련 활동을 할 수 있는 장소의 필요, 즐기고 소통하는 과학교육으로의 정책 변화 등으로 중학생과 고등학생들의 수요가 높아지고, 과학문화의 확산으로 과학관의 평생교육 기능이 강조되고 있으므로, 기존의 어린이 대상 전시물뿐만 아니라 보다 다양한 연령층의 관람자들을 위한 전시물의 요구도 또한 높아지고 있으며, 이러한 추세는 점점 확대될 전망이다(교육부, 2016).

따라서 본 연구에서는 생명의 연속성을 중심으로 한 통합적 학습의 어려움을 해소하기 위한 한 가지 방안으로 학교와 과학관을 연계한 학습을 제안하였으며, 학교-과학관 연계학습에 이용할 수 있는 생명의 연속성을 주제로 한 과학관 전시 콘텐츠를 개발하였다.

제 2 절 연구 목적 및 연구 문제

본 연구에서는 생명의 연속성을 생명과학의 여러 영역들이 다루어지고 있는 통합적인 성격의 주제로 보고, 생명의 연속성의 통합적인 이해를 높이기 위한 방안으로 학교 교육과정과 과학관 학습을 연계하여 교육할 수 있도록 돕는 고등학생 대상 과학관 전시 콘텐츠를 개발하였다.

이러한 연구 목적을 달성하기 위해 설정한 연구 문제는 다음과 같다.

1. 우리나라 고등학교 과학과 교육과정에서 생명의 연속성 관련 내용 구성의 특징과 내용요소 간 연계는 어떻게 나타나는가?
2. 생명의 연속성 하위 영역 간 통합성 강화를 위해 필요한 생물학적 내용요소는 무엇인가?
3. 생명의 연속성의 통합적 이해를 돕고, 학교교육과 연계 활용하기 위한 과학관 전시 콘텐츠의 내용 구성 및 세부 연출은 어떻게 이루어져야 하는가?

제 2 장 이론적 배경

제 1 절 교과 내 통합을 위한 생명의 연속성

1. 교육과정 연계성과 교과 내 통합

1.1 교육과정 연계성

교육과정은 넓게는 학교 안팎에서 이루어지는 학습자의 모든 경험을 의미할 수도 있으며, 좁게는 학생에게 가르쳐지는 일련의 교과목으로 인식되기도 하는 등 학자에 따라 그 범위와 함의가 매우 다양하다(Oliva, 2009). Caswell과 Campbell(1935)는 교육과정을 교사의 지도 아래 학생이 겪는 모든 경험이라고 하였으며, Saylor 등(1981)은 교육받을 일련의 학습기회를 제공하는 계획으로 정의하였고, Tanner(1980)는 학습자가 지식과 경험을 연속적으로 재구성하고 합리적으로 조절하는 능력을 기를 수 있도록 지식과 경험을 재구성한 것이라고 하였다. 우리나라의 경우 국가수준 교육과정에서 교육과정은 학교의 교육목적 및 목표를 달성하기 위해 교육내용을 선정하고 조직하여 실천하고 평가하는 제 행위로 정의되어 왔으며(교육과학기술부, 2009), 최근 고시된 우리나라의 2015 개정 교육과정 총론에서는 교육과정을 초·중등학교의 교육 목적과 교육 목표를 달성하기 위한 국가 수준의 교육과정이며, 초·중등학교에서 편성·운영하여야 할 학교 교육과정의 공통적이고 일반적인 기준을 제시한 것(교육부, 2015)으로 규정하였다.

교육과정 관련 연구에서 연계성 강화의 필요성은 항상 논의되어 왔으

며, 특히 2009 개정 과학과 교육과정은 질 높은 교육과정을 위해 연계성 강화에 초점을 두고 지식 영역의 내용을 구성하기도 하였다(교육과학기술부, 2009). 교육과정에 대한 다양한 정의만큼 교육과정 연계성이라는 개념 역시 연구자에 따른 해석으로 인해 다양하게 논의되어 왔지만, 교육과정 연구의 역사에 따라 추상적이고 모호한 개념에서 보다 명확하고 일반화될 수 있는 개념으로 정의되어 왔다. 여러 교육과정 연구자들의 연계성에 관한 주요 개념 정의를 <표 1>과 같이 정리할 수 있다.

표 1. 교육과정 연계성에 대한 다양한 정의

연구자	연계성의 의미
Russell & Judd (1940)	교육체제의 단위 면에서 연계성은 계속적인 성장에 도움을 주는 부분과 부분 사이의 적절한 관계
Good (1973)	종적 연계성을 일련의 교육체제의 단원들이 연결되고 상호 관련되어 학생들의 계속적이며, 경제적이고, 효과적인 교육의 진보를 촉진시키는 정도
Manacker (1975)	교육 프로그램의 여러 요소들 사이의 관계성 및 그 프로그램의 여러 부분들의 상호 의존성
Lawrence (1985)	제도 내외적으로 상호 관련을 맺고 수평적, 수직적으로 수준 간, 학년 간의 상호 협력적인 관계
강순자 등 (1990)	교육과정을 통한 학생들의 효율적인 지도 개발을 위하여 교육과정을 포함한 교육 제도 내외 모든 요소들을 수직적 및 수평적으로 관련시키는 과정
권재술 등 (1998)	교육 제도를 통해 학생들을 효율적으로 지도 및 개발하기 위해 교육과정을 비롯한 교육 제도 내의 여러 요소들을 수평적 및 수직적으로 관련시키는 것
박정연 (2000)	학습자들의 성취를 위하여 교육내용의 여러 요소들을 관련짓는 것으로, 일반적으로 계속성, 통합성, 반복성 등의 측면에 초점을 맞추어 교육내용과 학습 경험을 종적, 횡적으로 관련시키는 과정
김진석 (2007)	두 개 학교급, 학년 간, 동일 학년의 영역 간 맞부딪힘이 일어나는 특정 시기와 부분에서 교육내용의 어떤 요소, 지식, 기능 등이 종적 연계성 및 횡적 연계성으로 서로 관련성을 갖고, 선정, 조직되어 있는 것
김진숙 (2013)	학생 수준을 고려하여 횡적으로는 교과 내 또는 교과 간 내용의 적절성을 종적으로는 시간상 유·초·중등학교에 걸친 학습 내용의 계열성을 의미

제시된 의미를 살펴보면 공통적으로 수직적 및 수평적인 관련이라는 특징을 보이는데, 이 구분은 교육과정 연계성의 특징을 설명하기 위해 사용되어왔다. Tyler(1949)는 학습경험을 위한 교육과정을 조직할 때에는 학습내용을 순차적으로 조직하고 배열하는 수직적인 측면과 학습내용 영역 간의 관계를 고려하여 수평적으로 조직 및 배열하는 수평적인 측면을 고려하도록 하고, 이에 따라 교육과정 및 내용을 조직하기 위한 원리로 계속성, 계열성, 통합성을 제시하였다. 계속성은 교과에서 중요한 원리나 개념 등의 학습 요소가 여러 학년에 걸쳐 계속 반복적으로 다루어져야 한다는 것을 의미한다. 계열성은 학습의 요소가 반복되어 후속 학습의 경험이 전 단계의 학습 경험보다 점차 깊어지고 넓어지도록 심화 및 확대되어야 한다는 의미이다. 통합성은 한 교과 내에서의 여러 내용들 또는 각 교과들을 서로 수평적으로 연결시키는 것으로, 각 내용요소들을 서로 연관시켜 하나의 통일체가 되도록 하는 것이다. 또한 교과에서 배운 내용을 주변에서 일어나는 일들과 관련짓도록 하는 것도 통합성에 해당한다.

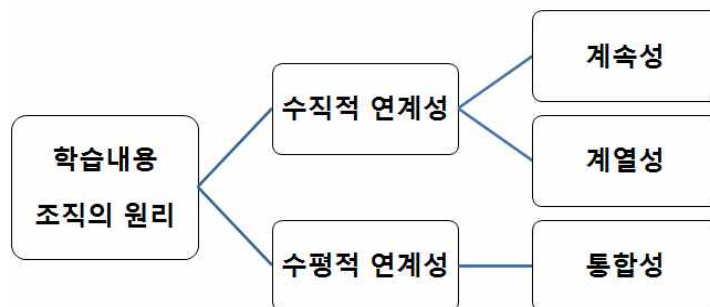


그림 1. 학습내용 조직의 원리(Tyler, 1949)

따라서 통합성은 여러 가지 학습 경험 간의 단절을 없애고, 행동 및 사고 과정에 통일성과 일관성을 가질 수 있도록 해주는 역할을 한다(송

순회 등, 1991). 이러한 성격을 종합적으로 고려할 때, <그림 1>과 같이 계속성과 계열성은 종적 연계성의 원리로, 통합성은 횡적 연계성의 원리로 설명할 수 있다.

과학교육의 중요한 과제를 복잡 다양한 과학 지식을 어떻게 보다 효율적이고 체계적으로 가르칠 수 있느냐의 문제로 보았을 때, 과학교육 내용의 선정과 조직에 있어서 연계성을 유지할 수 있도록 계획하는 것이 중요하다. 연계성의 결여는 학습자의 기본 개념의 이해 부족으로 후속 학습의 어려움을 초래할 수 있으며, 이러한 문제점의 누적은 학습자의 흥미와 의욕, 창의력과 논리적 사고력 또한 저하시키게 된다. 또한 교육 조직 간의 단절이 일어나 교수학습 활동에 어려움을 가져오게 된다(송순회 등, 1991). 특히 과학은 그 자체의 지식 체계가 논리적으로 잘 조직되어 있으며 추상적인 언어체계로 구성되어 있으므로 과학 내 단일 지식 체계 자체만을 이해하기 위해서는 상당한 지식수준이 요구된다. 따라서 과학과 교과에서는 학생의 지적 발달 수준에 따라 연계성 있게 내용을 조직하는 것이 매우 중요하다(홍후조, 2002).

1.2 교과 내 통합

‘통합한다’는 의미는 개별 요소들을 결합하여 하나의 전체를 이루도록 하는 것으로 통합 교육과정 구성 방법은 다른 교과와의 통합과 교과 내의 통합을 들 수 있다. 교과 내 통합 방법 중 대표적인 것이 주제 중심 통합 방법이다. 단편적인 지식들은 기본 개념이 유기적으로 통합될 때 큰 유용성을 발휘할 수 있기 때문에 개념들 간의 상호 결합이 중요하다. 최근에는 교과별로 중심이 되는 개념들을 선정하고, 이러한 개념들을 중심으로 교육과정을 구성하려는 노력이 새롭게 이루어지고 있다(Plummer & Krajcik, 2010). 통합성의 원리는 교육경험의 누적 효과를 높여줄 수 있기 때문에 교육내용의 조직에 필요하다. Tyler(1949)는 한 학년 내의 교과 내용이 통합성을 유지한다면, 각 교과 지식은 서로를 강화시켜주면

서 관점의 적용 범위를 넓혀주고 보다 통일된 관점을 형성해 줄 수 있다고 설명하였다. 그는 이러한 통합성의 원리를 교과 간의 관계에 대해서만 논의하였지만, 사실상 통합적인 성격의 교과는 물론이고, 단일 교과도 마찬가지로 다양한 하위 학습 영역으로 구분될 수 있으며, 하위 영역 간 통합성은 과목 간 통합성과 마찬가지로 방식으로 다루어져야하기 때문에 통합성의 원리는 같은 교과 내에서도 적용할 수 있다(황규호, 1999).

지식의 형식과 그 사이의 논리적 독립성을 강조한 Hirst(1970)는 동일한 영역 내의 지식들이 서로 긴밀하게 연계되어야 한다는 점을 강조하였다. Hirst의 관점에 따르면 교과 간 통합은 탐구 주제나 대상의 동일성에 의해 이루어지는 통합이라고 볼 수 있으며, 교과 내 통합은 지식 요소들의 논리적 관련성이 보다 중시된다. 각 교과 지식을 구성하는 개념이나 명제 사이의 논리적 상호 관련성이 통합의 근거이자 기준의 역할을 하는 것이다. 즉 통합성의 여부는 서로 관련될 수 있는 지식의 요소들이 얼마나 충분히 상호 관련을 맺고 있는지에 따라 판단되어야 하며, 가능한 한 많은 상호 관련이 이루어질수록 강한 통합성을 띤다고 할 수 있다(황규호, 1999).

2. 생명과학 교과 내 통합주제로서의 생명의 연속성

생명과학은 생명체와 생명현상에 대해 탐구함으로써 생명의 본질을 밝히려는 학문이다. 생물학자들은 생명이란 무엇인가에 대한 답을 찾기 위해 생명체의 특징을 분석하여 설명하는 방식을 취해왔다. 생명체는 세포를 생명 현상의 구조적이면서 기능적인 기본 단위로 하여 외부와 구분되는 일정한 조직 체계를 갖추고, 다양한 화학반응을 통하여 생명활동에 필요한 에너지를 얻는 물질대사를 한다. 주변 환경의 변화와 자극에 반응하여 생존력을 높이며, 항상성을 유지한다. 또한 생식을 통해 자손을 생산하고, 이를 통해 고유한 유전 형질을 세대를 거쳐 전달하게 된다. 생

식 과정에서는 유전물질의 복제와 재조합 등에서 변이가 나타날 수 있으며, 변이를 통해 생물은 더욱 다양해지고, 시간의 흐름에 따라 이것이 누적되면 진화가 일어나게 된다.

살아있는 생물은 모두 발생과 생장의 과정을 거치게 된다. 발생은 생식의 결과 수정란으로부터 고유한 특성을 갖는 개체로 발달해 가는 과정이며, 생장은 세포가 분열하여 개체가 점점 커가는 것을 의미한다. 유전을 통해 생명체가 자신의 유전정보를 자손에게 전달하면, 전해진 유전정보는 자손 개체의 조직화, 발생, 기능분화 등 모든 형질과 그것의 발현에 대한 바탕을 제공한다. 이렇게 고유한 특성을 가진 생명체의 집단이 생식과 발생, 생장, 유전 등의 과정을 수많은 세대 동안 겪고 나면 환경에 보다 잘 적응한 집단으로 진화하게 된다. 생물은 생식을 통해 다양성이 증가하며, 그 중에서 환경에 가장 적합한 형질을 갖는 개체가 생존하고 번식하여 자손을 생산할 수 있는 더 높은 가능성을 갖게 된다. 시간이 흘러 이러한 과정이 여러 세대 동안 반복되면 보다 잘 적응하고 생존하는 개체의 빈도가 집단 내에서 점점 증가하게 되며, 그 개체들의 특성이 해당 개체군의 형질 특성으로 변화하게 된다. 즉 진화는 생물 집단이 시간의 흐름과 생명의 연속성 속에서 다양화 되거나 역동적으로 변화해가는 것을 가능하게 해 준다.

이렇게 생명의 연속성은 생물이 가지는 중요한 특성으로, 생물학의 여러 학문 분야에 관련되는 통합적 성격의 주제이다. 생명의 연속성 자체는 통합적인 현상이자 속성에 해당하지만, 과학사적으로 생물학의 세부 학문들마다 다른 학문적 체계와 관점에서 연구가 진행되어 왔으며, 이러한 탐구 방식이 교육과정에도 반영되어 왔다. 그러나 이렇게 분리된 학습이 오랫동안 이루어져 오고, 이것을 본래 생명의 연속성이라는 통합적 성격을 살려 통합적으로 다루려는 노력이 부족하였다. 우리나라 교육과정에서 생명의 연속성 관련 내용은 제1차 교육과정에서부터 현재에 이르기까지 생식과 발생, 유전, 진화 등의 명칭을 가진 단원들에서 나타나며, 때로는 ‘생명의 연속성’이라는 단원명이 등장하기도 하였으나 그 내

용은 이전 시기 교육과정에서 다루어 온 범위 내에서 오히려 축소되는 경향이 있어왔다. 따라서 생명체와 생명현상 즉, 생명과학의 중요한 특성으로서 생명의 연속성의 본래적 의미를 이해하기 위해서는 생명의 연속성을 통합적으로 다루는 것이 필요하다.

앞서 살펴본 대로 교과 내 통합을 위해서는 관련 개념들 간의 논리적 상호 관련성이 중요하며, 많은 관련이 이루어질수록 통합성이 강하게 나타난다. 따라서 생명의 연속성을 통합적으로 다루기 위해서도 생명의 연속성을 이루는 내용요소들 간의 상호 관련성이 확보되어야 한다. 생명의 연속성을 설명하는 많은 지식 요소들 중에서도 진화는 현대 생물학의 모든 영역에서 이해의 기초가 되며, 학생들이 다양한 생물학적 개념들을 형성하고 통합시키는 중요한 개념으로서, 생물학을 체계적인 과학으로 변형시키는 논리적 바탕을 제공하는 것으로 알려져 왔다(Dobzhansky, 1973). Mayr(2001)는 그의 저서를 통해 진화는 생물학에서 가장 중요한 개념이며, 생물학 분야의 “왜?”라는 질문 가운데 진화를 고려하지 않고 적절한 대답을 찾을 수 있는 질문은 아무것도 없음을 거듭 강조하였으며, 과학사적으로 중요한 발견일 뿐만 아니라 유전과 발생, 생물의 구조와 기능, 생태와 종 다양성 등과 같은 다양한 개념들을 통합함을 설명하였다. 또한 Clough(1994)도 진화가 생물학에서 여러 단일 개념들을 통합시켜주는 가장 중요한 아이디어임을 밝힌 바 있다. 이렇게 진화는 생명현상의 궁극적인 원인을 이해하는 수단이자 가장 포괄적인 수단이 되어왔다.

따라서 생명의 연속성을 생명과학 교과 내에서 통합적으로 다루기 위해서는 생명의 연속성에 관련된 내용요소들을 진화를 중심으로 하여 진화와의 상호 관련성을 근거로 구성하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 이를 위해 교과 내에 등장하는 생명의 연속성 관련 내용요소들을 분석하고, 통합적 이해를 위해 보완이 필요한 생물학적 관련 내용요소를 이에 더하여 전시 콘텐츠의 스토리라인 및 스토리텔링을 구성하고자 하였다.

제 2 절 형식 교육과 비형식 교육의 연계

1. 형식 교육과 비형식 교육

과학교육에서 학습이 일어나는 영역은 크게 형식 교육과 비형식 교육으로 나눌 수 있다. 과학 학습이라 하면 대부분 학교에서 교육과정을 통해 시행되는 형식 교육을 떠올리지만, 실제 많은 경우 학교 수업 이외의 비형식 교육을 통해 과학 학습이 일어나고 있으며, 그 효과가 형식 교육에 비해 오래 지속되기도 한다(Wellington, 1994). 1990년대 이후부터 비형식 교육이 학교교육과정과 관련하여 그 중요성이 점점 증대되면서 비형식 교육에 관한 연구들이 증가하였다. 대표적으로 Wellington(1991)은 형식 학습이 교사가 주도하여 의무적이고 구조적으로 이루어지며, 평가가 이루어지는 계획적 학습임에 비해, 비형식 학습은 학습자 주도적인 자발적인 학습이며, 비구조적이고 비계획적으로 이루어지는 학습이라고 그 특성을 비교하여 제시하였으며, 미국과학교사협회(NSTA, 1998)는 비형식 교육이 학교 과학교육을 심화 및 발전시켜 학습자에게 정의적, 인지적, 심체적인 영향을 미친다고 강조하였다.

학교에서 이루어지는 과학 학습은 대부분 탈맥락화 되어 있고 연관성이 부족한(Osborne *et al.*, 2003) 반면 학교 밖의 다양한 맥락과 환경에서 이루어질 수 있는 비형식 교육은 다양한 자원을 이용함으로써 학교교육을 보완하고 학습에 크게 기여할 수 있다(Osborne & Dillon, 2007; Rennie *et al.*, 2003). 또한 비형식 교육은 개인에게 평생 학습을 제공할 수 있으며, 일상에서 자발적으로 발생할 수 있으므로 어떤 배경을 가진 사람이든 학습에 참여할 수 있고, 흥미와 즐거움을 줄 수 있어 스스로 학습을 강화하게 하는 역할도 할 수 있다(Falk & Dierking, 2000). 또한 비형식 교육은 성인이 된 후에도 지속적으로 일어나 시민들이 평생 학습을 하게 하는 기반이 되며, 과학에 관한 필요한 정보를 얻을 수 있는 수

단이 된다.

Lucas(1983)는 비형식 교육을 학습 자원의 성격과 비형식 교육 자원에 접근하는 사람의 의도로 구분하여 분류하였다. 이것을 사분면에 도식화하여 나타내면 <그림 2>와 같다. 학습 자원의 성격은 의도적인 것과 비의도적인 것으로 나누고, 학습자원에 접근하는 사람의 의도는 일상생활 속에서 우연하게 접하는 경우와 목적을 가지고 계획적으로 접하는 경우로 구분하였다. 과학관에서 이루어지는 전시나 교육 프로그램은 과학 활동을 목적으로 계획된 의도적인 학습 자원으로 볼 수 있다. 따라서 과학관에 방문하는 것은 그 성격에 따라 <그림 2>의 제1사분면과 제2사분면에 해당하는 비형식 학습으로 볼 수 있다. 특별한 목적없이 과학관에 방문하여 관람활동을 하는 경우는 제2사분면에 해당하지만, 학교교육과 연계하기 위한 목표 또는 의도를 가지고 과학관에 방문하여 전시 관람활동을 하는 것은 제1사분면(★)에 해당한다. 따라서 본 연구에서는 의도적인 자원을 계획적으로 경험하는 관람자들을 위한 전시 콘텐츠의 개발을 목적으로 하고 있음을 알 수 있다.

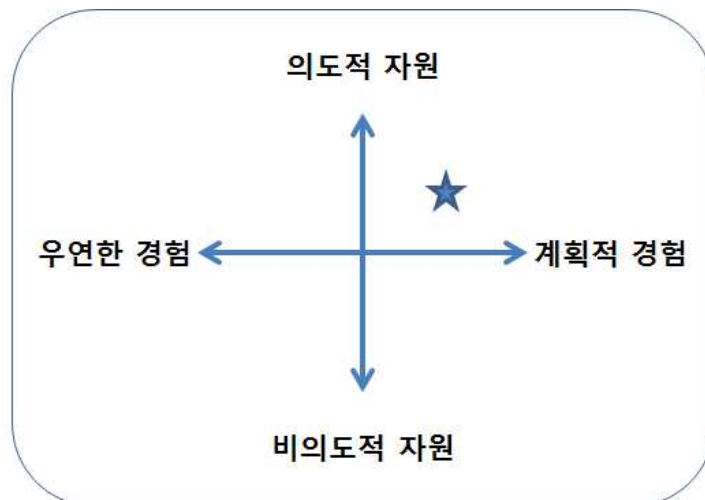


그림 2. 비형식 학습의 분류(Lucas, 1983)

2. 과학관의 정의와 기능

국제박물관 위원회에 따르면 과학관은 과학적으로 가치가 있는 자료나 표본 등을 여러 가지 방법으로 조사, 발굴, 수집, 보존, 연구하여 공개적으로 전시함으로써 일반 시민들의 휴식과 교육에 창조적으로 활용하여 과학기술의 발전과 공공의 이익을 위해 이바지하는 항구적인 건물이라고 정의된다(ICOM, 1974). 우리나라에서 과학관을 지원 및 육성하기 위해 제정한 ‘과학관육성법’에서는 과학관을 과학기술 자료를 수집·조사·연구하여 이를 보존·전시하며, 각종 과학기술교육프로그램을 개설하여 과학기술지식을 보급하는 시설로서 과학기술자료·전문직원 등 등록요건을 갖춘 시설로 명시하고 있다. 이러한 정의를 종합해 보면 과학관의 대표적인 기능은 자연과학 및 기술 자료의 조사 및 수집과 보존 및 관리, 연구, 전시, 교육을 통해 과학기술 지식을 보급하고, 과학적 소양과 탐구능력을 함양하게 하는 것 등이라고 할 수 있다.

과학관의 기능을 크게 과학박물관으로서의 기능과 과학센터로서의 기능으로 나누기도 한다. 과학박물관으로서의 기능은 수집, 보존, 전시를 통해 보다 많은 대중에게 공개하고 알리며 연구의 기반이 될 수 있도록 하는 종합 연구기관의 성격을 띤다. 과학센터로서의 기능은 관람자가 직접 전시물을 조작하고 체험하여 과학 현상과 원리를 이해하도록 하는 교육기관의 성격을 가진다.

20세기에 이르러 일반 대중의 예술에 대한 관심과 교육과 여가 공간으로서의 가치가 더해져서 과학관의 역할에 새로운 전환점을 가져왔다. 최근의 과학관은 관람자들이 흥미를 가지고 지식을 스스로 습득할 수 있도록 다양한 기회를 제공하고, 과학의 본성 및 자연 현상과 사물을 해석하며, 과학을 발견하고 관심을 키우게 하는 중요한 역할을 담당하고 있다. 또한 ‘과학대중화’의 사회적 의미 변화와 함께 과학관의 새로운 지향점으로 ‘시민들을 위한 서비스 시설’과 ‘시민 대화의 장소’가 제시되기도

하였다(Henriksen & Frøyland, 2000). 현재 우리나라는 과학박물관과 과학센터의 장점을 모두 포함하는 종합과학관을 전국적으로 확대 건립하여 과학 교육의 장이자 과학문화 대중화 및 확산의 거점의 역할을 할 수 있도록 추진 중에 있어 그 중요성이 더욱 확대되고 있다.

우리나라의 과학관은 1925년 설립되었던 은사기념과학관을 시초로 1972년 국립서울과학관이 개관하였다. 1973년 전 국민의 과학화 운동과 전국교육자대회를 계기로 전국 16개 시도에 학생과학관이 개관하게 되었다. 1980년대에 들어 과학기술의 중요성이 더욱 강조되어 1990년 대전에 국립중앙과학관이 건립되었고, 이후 과학관 육성 기본계획이 단계적으로 실시되어 2008년 11월 국립과천과학관이 개관하게 되었다. 2003년에 공고된 과학관 육성 기본계획은 과학관의 절대 수가 부족하고 운영이 활성화되고 있지 못하다는 지적에 따라 과학기술중심사회 구축을 위한 핵심 과제로서 과학관 육성을 적극 추진하기 위해 시작되었다. 제1차 계획은 과학관의 확충과 전시 콘텐츠 내실화 등을 목표로 수행되었고(과학기술부, 2003), 2009년부터 2013년까지 시행된 제2차 계획에서는 과학관의 지속적인 확충과 더불어 학교 밖 과학교육의 강화를 목표로 하였다(교육과학기술부, 2009). 2014년부터 시행되어 2018년까지 시행 예정인 제3차 계획에서는 그 동안의 양적 확대에서 질적 성장으로의 정책 변화를 예고하였으며, ‘세계가 주목하는 과학 콘텐츠 강국’을 비전으로 상상력과 창의력 기반의 과학문화 콘텐츠의 확산을 주요 목표로 하였다(미래창조과학부, 2014).

3. 과학관을 통한 형식교육과 비형식교육의 연계

학교에서의 형식 학습과 박물관에서의 비형식 학습은 서로 다른 특징들로 구분되지만 21세기에 이르러 공조체제를 모색하게 되었다. 학교교육은 교육과정에 박물관의 교육적 특징을 접목하면서 형식교육의 제약에

서 벗어나 비형식학습의 효과를 거두고자 하였으며 학교와 박물관의 만남은 결국 형식학습과 비형식 학습의 상호 협력적 관계를 형성하게 된다. 궁극적으로 이러한 형태의 학교 모습은 이상적인 모습과 방향에서 형식 교육과 비형식 교육의 균형적 통합을 의미하며, 사물 중심적, 프로젝트 중심적이라는 체험적, 탐구적, 협동적 학습패러다임의 구체적인 실천모형이라고 할 수 있다(강인애, 2012; Finnerty, 1996; Gardner, 1993). 박물관의 교육적 특징을 학교와 연계할 수 있는 방법을 찾기 위한 노력은 공통적으로 사물 중심적이고 프로젝트 중심적 학습이라는 공통점을 가지며, 전시물을 기반으로 하는 통합 교과 활동을 포함하고 있다.

박물관에 관한 이러한 움직임은 과학관도 마찬가지로 적용할 수 있다. 현대 사회에 이르러 지식 정보화 사회로의 변화가 일어나면서 교육 환경에도 변화가 요구되었다. 학교는 학문탐구를 위한 공식적인 교육과정을 이수하기 위한 오늘날의 대표적인 교육기관이지만, 시대적 변화에 따라 제한점을 드러내게 되었다. 학교교육의 시공간적 제약에서 벗어나 보다 포괄적이고 학습자 자발적이고 참여적인 학습 등이 이루어질 것이 사회적으로 요구되었기 때문이다. 과학관은 이러한 평생학습과 비형식학습이 발생할 수 있는 가장 대표적인 학습공간이다. 형식교육과 비형식교육은 서로 다른 특징을 가지지만 모두 학습에 영향을 미치고, 과학교육에서는 비형식학습과 형식학습에 서로 영향을 주고받기 때문에 하나의 연속선상에서 이해되는 것이 바람직하다(윤혜경, 2004). 강호감 등(2007)은 형식교육과 비형식교육이 유기적으로 연계된다면 학생들의 과학지식이 보다 의미있게 형성될 수 있다고 하였으며, 이선경 등(2010)은 비형식 과학교육기관들을 통해 학생들이 탐구방법을 경험할 수도 있다고 하였다.

학생들은 과학관에서 전시물과 연계한 실물기반 학습을 할 수 있으며, 자발적 참여를 통해 탐구하고 체험하는 자기 주도적 통합과학학습을 할 수 있는 등 학교교육의 제한점을 보완할 수 있다. 인지적 측면에서는 과학관에서 짧은 시간 동안 많은 전시물을 보고 체험한 경험이 며칠, 몇

주, 몇 달 또는 몇 년 후에 다시 나타나서 형식 과학 학습에 흥미를 느끼게 하거나, 선행조직자와 같이 작용하여 과학 학습을 의미 있게 할 수도 있다. 또한 과학관의 체험형 전시물은 관람자가 평소 가지고 있던 일상적인 개념이나 오개념을 의심하게 하고, 과학적으로 용인된 개념을 구성할 수 있도록 돕는다(Borun, 1990; Feher & Rice, 1985). 정의적 측면에서는 과학에 대한 무지와 두려움을 가진 많은 사람들이 과학을 온 몸으로 느끼며 과학에 대한 흥미와 즐거움을 얻고, 이를 통해 과학에 대한 긍정적인 태도를 가질 수 있으며, 과학적 소양을 기를 수 있다(장현숙, 최경희, 2006). 심체적 측면에서는 전시물의 조작과 관찰, 측정, 감각기관을 이용한 체험 등을 통해 영향을 줄 수 있다. 이러한 인지적, 정의적, 심체적 영역에의 영향은 서로 상호작용하여 관람자에게 유의미한 과학적 경험을 제공하게 된다. 또한 학습자는 과학관에서의 경험을 통해 학교에서 학습한 일반화된 지식이 구체적인 맥락 및 상황을 기반으로 하는 비형식 학습에 의해 일상화된 지식으로 보완되어 학교교육에서 놓치거나 간과했던 부분을 보완할 수 있을 것이다. 형식 교육과 비형식 교육의 역할에 대한 연구에서 Stocklmayera 등(2010)은 과학교육에서 형식 교육과 비형식 교육의 연계를 통해 학교 교육이 학생, 학부모, 교사들로부터 받아 온 비판은 해결해 나갈 수 있다고 한 바 있다. 이러한 결과들을 종합해 볼 때 형식 교육과 비형식 학습의 보완 관계를 기반으로 한 연계 교육은 궁극적으로 대안적 교육 체계가 될 수 있을 것으로 생각된다.

과학관을 활용한 교수·학습에 대한 초등교사와 중등교사들의 인식 요구에 관한 연구(한문정 등, 2010)에서 조사에 참여한 다수의 교사들은 과학관 학습 효과에 대해 긍정적으로 인식하고 있었으며, 과학관 학습의 실행의향이 있다고 응답하였다. 또한 전시물과 교육과정의 연계에 대한 요구가 높게 나타난 것으로 보아 교사들이 과학관 학습을 학교교육과 연계하여 실행하는 활동으로 인식하고 있음을 알 수 있었다. 과학관에서 이루어지고 있는 교육활동 프로그램에 관한 중·고등학교 교사들의 인식을 조사한 김혜원(2004)의 연구에 따르면 과학관에서 운영하는 교육활동

과 학년별 연관정도를 묻는 질문에 중학교 교사의 53.5%와 고등학교 교사의 74.3%가 모두 ‘연관이 없다’고 응답하였으며, 과학관에서 운영하는 교육활동을 학교교육에 이용하기 위해 필요한 점을 묻는 질문에는 ‘학교 교육과정에 맞는 프로그램의 개발’이라는 응답이 중·고등학교 교사 모두에서 보기 중 매우 높은 비율로 나타났다. 또한 과학관 교육 프로그램 활용에 대한 교사 인식에 관한 최경희 등(2006)의 연구에서도 향후 이용을 희망하는 과학관 교육 프로그램에 대한 질문의 결과 학교 교육과정과 관련된 전시물 견학이나 활동지를 원하는 교사들의 의견 비율이 높게 조사되었다.

본 연구에서는 이러한 관점에 주목하여 형식 교육과 비형식 교육의 연계 및 통합을 제안하고자 하였다. 우리나라 교육과정 상 학생들이 이수하여야 하는 과목의 수가 많아 단위 과목 당 이수 시간이 적고, 단위 과목 내에서도 다루는 학습량이 많아 주어진 시간 내에 지도하기가 어렵다. 이렇게 교과 편제와 이수 시간 등의 제약으로 인해 형식 교육 내에서의 학습만으로는 교과외의 연계성이 부족한 문제를 시공간적 제약에서 보다 자유로운 비형식 교육과 연계하여 해결하고자 하였으며, 과학관에서의 학습이 갖는 장점을 형식 교육에서 활용할 수 있도록 한 것이다. 이를 위해 고등학교 생명과학 교육과정 상에 제시된 생명의 연속성 관련 내용요소를 통합성의 원리를 근거로 재조직하여 이를 바탕으로 한 과학관 전시 콘텐츠를 개발하는 것을 본 연구의 목표로 하였다.

제 3 절 과학관 전시

1. 전시의 개념과 역할

전시는 어떤 사물이 지닌 뜻의 전체 또는 한 부분을 전시주체가 선택한 전시 방법을 통해 타인에게 전달하는 수단이자, 관람자와 전시물 사이의 커뮤니케이션을 구축하여 의미의 공유를 유발하는 중재적인 행위이다(Edson & Dean, 1996). 언어적인 관점에서 해석하면, 전시는 영어에서는 ‘Exhibition’으로 제시, 전시, 진열, 열람 등 ‘펼쳐 보인다’는 의미를 가지고 있으며, 불어로는 ‘Expotion’으로 ‘설명한다’는 의미에 더 가깝다. 동양에서 ‘展示(전시)’는 ‘펼쳐 보인다’는 적극적 의지와 ‘설명한다’는 의미를 동시에 담고 있다. 즉 전시는 보는 것, 진열하는 것, 눈에 띄게 하는 것으로 전시물을 선정하는 의미있는 표시와 목적있는 진열의 의미를 가지고 있다(이영진, 2004). 과거 박물관에서는 전시물을 보여주는 것에 중점을 두어 단순 나열하는 방식으로 전시가 이루어졌다. 하지만 오늘날의 전시는 단순한 나열식보다는 전시물의 구체적인 의미를 전달하고, 전시 자체가 적극적이며 능동적인 의미를 담고 있는 창조적인 커뮤니케이션의 한 형태라고 할 수 있다.

Edson 등(1994)은 전시가 전시사물 자체와 정보 중 어디에 더 중점을 두고 있는지에 따라 <그림 3>과 같이 전시사물 지향적 전시와 정보 지향적 전시로 구분하였다. 전시사물 지향적 전시는 물품 또는 소장품 자체의 배열이 더 중점적이므로 분류적인 방법으로 기획되고, 정보 지향적 전시는 전시물에 담긴 정보와 메시지의 전달에 중점을 두므로 전시사물 이외에 그래픽, 사진, 영상 등 모든 자료를 이용하여 교육적인 정보를 전달하고자 한다. 따라서 과학관의 전시는 핵심적인 주제를 어떻게 구성하여 개념 지향적인 전시의 측면에서 전시의 전체 기획과 세부 콘텐츠의 기획을 하느냐가 매우 중요하다.

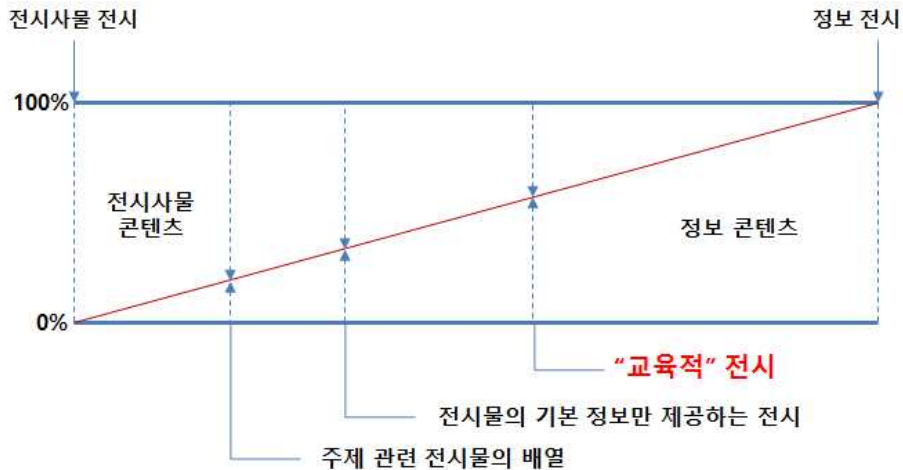


그림 3. 전시물 구성에 따른 전시 성격(Edson 등, 1994)

과학관 전시는 전시공간의 객체인 관람자와 전시물을 연결시켜 지적인 교류를 가능하게 하며, 전시를 통해 연구 결과의 공개나 교육이 이루어지도록 한다. 국립중앙과학관(1996)은 과학관의 전시는 교육을 목적으로 하는 정보 전달과 지식 보급의 역할을 할 수 있어야 하며, 전시물 자체에 유희적 기능을 부가하여 전시물을 즐기면서 전시의 목적과 내용을 파악할 수 있어야 한다고 설명하였다.

2. 과학관 전시의 특성

과학전시는 과학의 어떤 분야에 관한 핵심 주제에 대하여 여러 가지 콘텐츠를 기획 및 가공하여 과학관, 자연사박물관 등에 전시하는 것이다(안선영, 김산하, 2015). 21세기에 이르러 과학전시는 과학과 기술의 다양한 분야와 그 발전 정도를 긍정적으로 조망하고 보여주면서 다양한 매체와 전시물, 과학 프로그램들을 통해 즐거움과 흥미를 주어져 함을 인식

하게 되었다. 이를 통해 과학적 원리와 그 응용을 대중에게 폭 넓게 교육시키면서 과학기술의 다양한 측면을 대중들에게 알리고 사회적으로 체감할 수 있게 하는 과학전시의 필요성이 대두되었다(이재익, 2011). 과학전시는 과학을 다양한 방법으로 보여줄 수 있고 교육적인 측면뿐만 아니라 과학에 대한 흥미와 창의적인 영감 등을 높여줄 수 있어 과학을 이해하는 효과적인 방법으로 중요해지고 있다(안선영, 김산하, 2015). 현대 사회에서는 과학의 대중화와 과학문화의 확산에 대한 관심이 증가하여 과학 커뮤니케이션의 중요성 또한 강조되고 있으며, 과학 커뮤니케이션의 한 형태로서의 과학전시의 기능도 확대 요구되고 있다.

과학관의 전시물은 과학기술을 소재로 과학적 원리를 전달하고 흥미를 유발하는 등의 전시목표 달성을 목적으로 다양한 전시매체를 통해 표현된 사물(문현주, 신명경, 2014)로, 과학관의 기본적인 교육 요소이다. 과학관 전시물은 관람자에게 자연과 과학에 대한 흥미와 호기심을 유발하며, 관람자는 과학관에서 전시물과의 상호작용을 통해 감각적이고 지각적인 경험을 하게 되고, 전시물 작동원리와 같은 과학 지식을 배우며 과학적 소양을 기를 수 있다(Feher, 1990). 전시물이 학습자에게 적합하고 유용한 정보인지에 따라 교육적 효과가 달라질 수 있고, 과학관 전시물의 내용 수준이 관람자에게 적합할 때 관람활동이 의미있는 학습상황이 될 수 있으므로 학생 관람자가 대부분을 차지하는 과학관에서 전시물과 교육과정의 연계성은 교육적 효과면에서 매우 중요하다(임미혜 등, 2010).

특히 과학관은 다른 박물관과는 달리 오래전부터 전시에 체험을 도입하여 관람자들이 보다 직접적으로 관람할 수 있도록 하였다. 전시에서 체험은 관람자의 직·간접적인 참여나 행위를 통해서 전시 의도를 전달받거나 이해와 인식을 하는 것이라고 할 수 있다. 과학관이 눈으로 보는 활동 위주였던 초기의 과학박물관적 성격에서 현대의 과학관 개념으로 변화해 오며 따라 과학관 전시물 역시 수동적인 의미에서 벗어나 체험이라는 새로운 전시연출방법으로 관람자의 지적 호기심과 흥미를 자극하여

적극적인 참여를 유도한다. 체험형 전시는 기존의 눈으로 보는 전시(Eyes-On, Hands-Off)에서 벗어나 전시물을 직접 손으로 만지고 조작해 볼 수 있으며, 이야기하거나 대화하는 등의 상호작용을 통해 전시물의 내용을 이해해 나가는 방법으로 체험을 극대화하는 인터랙티브성 전시방법을 말한다. 체험형 전시는 수십 년 동안 시행착오를 거치면서 점점 구체화 및 체계화 되어가고 있으며 <표 2>와 같이 다양한 개념들이 나타나게 되었다.

이러한 효과를 가진 체험형 전시를 교육에 적극 활용하기 위해서는 다양한 프로그램을 운영하거나 예산 및 인력을 확충하는 등 체계적인 추진방향이 마련되어야 한다. 특히 현재 다양한 과학문화 체험 기회가 일회적인 사업에 편중되어 있으므로 이를 벗어나기 위해서는 학년별로 교육과 연계된 전시 및 프로그램을 개발하여 학교의 정규 교육과정과 연결될 수 있도록 해야 한다(박정희, 김정훈, 2012).

표 2. 체험형 전시의 특성(이규황, 임채진, 2009)

체험의 특성	내용
체험식 전시 (Hands-on)	만지고 조작하는 등 전시물과 직접적인 체험을 통해 과학을 적극적으로 이해하도록 유도
지적 이해를 통한 전시 (Minds-On)	과학적 원리를 설명하거나 보조 기능을 첨가하여 해답을 얻는 과정을 능동적으로 체험하도록 유도
감동을 통한 전시 (Heart-On)	작동 전시물에 대한 문화적 접근을 시도하여 과학의 내적 아름다움과 사회, 문화, 역사적 함의를 느낄 수 있도록 하여 감동을 통한 상호작용 유도
상호작용식 전시 (Interactive)	관람자의 능동적인 행동을 유발하여 전시물에 대한 반응과 경과를 통해 지식과 원리를 탐색하도록 유도
참여식 전시 (Participatory)	재미있는 구성으로 일상과 연결고리를 제공하여 관람자의 자발적인 참여를 유도
놀이식 전시 (Entertaining)	놀이를 통해 즐거움을 제공하여 자연스럽게 학습동기를 유발

3. 과학관 전시 콘텐츠 기획

3.1 전시 기획 프로세스

과학관의 전시물은 과학관이 다양한 역할을 수행할 수 있는 기반이 되며, 교육에 상당한 영향을 주게 된다. 교육적 측면에서 과학전시는 전시물과 관람자가 교감하고 상호작용하기 위해 스토리라인으로 구성되어야 하며, 전시물 자체를 비롯하여 전시물을 구성하는 전시 패널, 라벨 등도 모두 교육적 기능을 갖게 된다. 또한 전시가 이루어지는 전시공간은 과학관의 목적과 기능을 담는 가장 구체적인 공간으로, 전시물과 관람자간의 커뮤니케이션이 이루어지는 장소이다. 전시는 이 전시공간 안에서 전시물을 감각적이고 체험적으로 표현하여 관람자와 소통할 수 있게 한다. 전시 기획은 전시를 위한 이 모든 과정을 포함하여 어떤 목적으로 무엇을 어떻게 전시를 구성할 것인지를 결정하고 실행하는 과정이다. 효과적인 전시 기획을 위해서는 전시 공간, 전시물, 전시연출기법, 등이 전시환경이 잘 조화되어 전시의 목적을 달성할 수 있어야 하며, 어떤 전시를 어떻게 기획하는지는 관람자의 학습 효과와 만족도에 영향을 미치게 된다.

전시 기획은 5W1H에 입각하여 이루어지며, ‘누가, 무엇을, 언제, 어디서, 왜, 어떻게’에 관한 모든 사항은 전시 방향과 성격이 일관되게 유지할 수 있도록 해주는 지침이 된다. 전시의 구성요소에는 전시 공간과 전시물, 관람자, 시간 등이 있으며, 이 요소들은 서로 밀접한 관련이 있기 때문에 전시 기획을 할 때에는 각 요소들의 관계를 고려하여 전시 목적에 따라 조화롭게 조율해야 한다(이보아, 2002).

Lord(2002)는 박물관 전시의 매뉴얼을 다룬 그의 저서에서 전시 기획 단계를 개발, 연출, 실행의 세 단계로 구분하고, 각 단계를 세분화하여 제시하였다. 개발 단계는 전시의 기본설계를 준비하기 위한 단계로, 전시

목적에 맞게 전시를 기획하는 단계이다. 전시의 핵심 주제에 적합한 스토리라인을 구성하여 전체 전시 콘텐츠 계획을 수립하는 과정으로 전시 주제에 따라 세부 주제를 선정하여 구조화한 후 스토리라인에 따라 전시 가능한 자원을 정리하는 작업이 여기에서 수행되어야 한다.

이보아(2002)는 전시 제작 과정을 개념, 개발, 기능, 평가 단계로 구분하였다. 개념 단계는 다양한 정보와 자료를 수집하여 조사하여 브레인스토밍 과정을 수행하는 자료 조사 및 연구의 단계이다. 개발 단계는 전시 아이디어를 구체화하여 전시 기획에 대한 정확한 정보들을 결정하고 전개해 나가는 단계이다. 전시명, 전시 개요, 세부사항, 설명 자료 등이 포함되는 매체를 개발하고, 실제 제작하기까지의 모든 업무가 해당된다. 기능 단계에서는 관람자에게 전시를 공개하고 운영하는 단계이며, 평가 단계에서는 전시에 대한 평가가 이루어진다.

장은경(2009)은 과학관 전시기획 프로세스에 관한 연구에서 과학관 전시의 정의와 목적, 과학전시 기획의 기본요건, 요소분석, 과학관 전시기획 프로세스의 단계별 구상과 평가 등 전체 프로세스에 대해 연구하여 과학관 전시기획 프로세스를 전시구상-기본계획-연출기획의 세 단계로 나누고, 각 단계에서 수행되어야 할 내용들을 <표 3>과 같이 구체적으로 도출하였다.

이상과 같이 과학관 전시 기획에 관한 몇 가지 선행 연구들이 있으나 전시 기획과 관련된 연구는 전시 관련 다른 연구 분야에 비해 실제 과학 전시를 기획하는 데 있어 필수적임에도 불구하고 연구 자체가 매우 부족한 실정이다. 과학전시 관련 국내 연구 동향을 분석한 선행연구에 따르면 1998년부터 2014년까지 발표된 195편의 과학전시 관련 연구 중 단 3편만이 전시 기획 분야에 관한 것이었으며, 가장 편수가 많은 교육 분야의 연구에서도 전시물과 교육과정의 비교 연구가 대부분이었을 뿐 전시물의 핵심인 전시 콘텐츠의 내용 자체에 관한 연구는 이루어지지 않은 것으로 나타났다(안선영, 김산하, 2015).

표 3. 과학관 전시 기획 프로세스(장은경, 2009)

단계	내용
전시구상	전시제안
	전시의 목표·목적 수립
	전시기획팀의 구성
	기본개념 구상
	전시관련 조사연구
	전시의 개요 작성
기본계획	기본계획 정리
	전시의 주체 계획
	전시자료의 설정
	전시 시나리오 작성
연출기획	전시물 배치에 따른 연출기획
	공간 및 전시물의 연출 기획
	전시 및 시설물 관리 기획
	예산배분 계획
	일정계획
	과학관 전시 평가

따라서 과학을 이해하는 효과적인 방법 중 하나인 과학전시가 증가하고 점점 중요해지는 추세를 반영하여 과학교육 분야에서도 단순 비교 연구에서 나아가 핵심 주제를 선정하고 체계적인 기획과정을 거쳐 콘텐츠화 시킬 수 있는 효과적인 과학전시 기획 및 콘텐츠 개발을 위한 연구가 필요하며, 나아가 과학전시에 관한 보다 다양한 측면의 연구가 필요하다.

3.2 전시 요소 연출

전시 기획에서 설정한 전시 목적을 효과적으로 전달하고, 전시물을 통한 교육을 성공적으로 유도하기 위해서는 전시물의 물리적 특성을 어떤 전시 요소들로 제시할 것인지를 결정하는 것이 필요하다. 전시의 목적에 따라 전시물의 종류, 성격, 상태에 맞는 적절한 전시매체를 선택하여 전시물을 구성하고, 전시 공간에 연출하여 전시에 대한 이미지와 전시의 의미를 전달할 수 있어야 한다.

김찬중 등(2006)의 전시 요소 분류에 따르면 전시 요소를 이루는 항목은 <표 4>와 같이 다양하게 고려될 수 있다.

표 4. 과학관 전시 요소(김찬중 등, 2006)

전시 요소	영역				
	전시 표현방식	전시 연출매체	전시설명	활동유형	
				수동적	능동적
세부 항목	대상물	자연물	텍스트	고정전시	전시물 작동
		인공조형물	그림	자가작동전시	전시물 조정
	사건	디오라마	오디오	생물관찰	컴퓨터 활용
		동영상	비디오	시범실험	신체 이용
	시스템	패널	소프트웨어	필름	도구 사용
		기타			
			기타	기타	기타

전시 표현방식은 전시 규모와 전개 순서에 따라 대상물과 사건, 시스템으로 나눌 수 있다. 대상물은 표본, 모조품, 실물에 가까운 재현물 등인 경우이며, 사건은 개별 표본만이 아니라 사건이나 상황을 함께 제시

하여 이야기화 한 것을 의미한다. 대상물과 사건보다도 포괄적인 경우에는 시스템에 해당한다. 전시 연출매체는 전시내용을 어떤 방식으로 전달하는가에 관한 항목이다. 대표적인 매체의 종류는 자연물, 인공조형물, 디오라마, 동영상, 패널, 등이 있다. 전시설명은 전시물의 내용을 효과적으로 전달하기 위해 전시물과 함께 제시된 설명을 위한 보조 자료를 의미하며, 텍스트, 그림, 오디오, 비디오, 컴퓨터 소프트웨어 등 다양한 형태로 표현될 수 있다. 활동유형은 관람자가 전시물 관람 시 어떤 활동을 할 수 있는지를 나타내는 항목으로 수동적 활동과 능동적 활동으로 나눌 수 있다. 수동적 활동으로는 고정전시, 자가작동전시, 생물관찰, 시범실험, 필름 감상 등의 활동이 있으며, 능동적 활동으로는 전시물 작동, 전시물 조정, 컴퓨터 활용, 신체 이용, 도구 사용 등이 있다.

박물관 전시의 일반적인 유형은 전시 기간, 전시 정보 특성, 자료 배치 방법, 전시 기법, 전시 공간의 특징, 전시 의도 등에 따라 매우 다양한 유형들로 분류가 가능하며, 각 유형에 따른 특징에 기반을 두어 적합한 방식을 선정하여 기획에 반영하여야 한다. 송기혜(2009)는 자연사박물관의 전시 매체를 실물, 모형, 패널, 영상 전시로 구분하고 각 전시에 해당하는 세부 매체를 세분화하였으며, 권순관과 김미희(2013)는 전시 전달적 측면에서 전시유형을 패널 전시, 실물 또는 모형 전시, 영상 및 음향 전시, 실연 전시, 실험 및 이벤트 전시로 분류하였다. 박종래 등(2004)는 과학관 전시 매체를 작동모형, 패널, 영상, 실물모형, 실험이벤트, 음향 전시로 분류하였다. 작동모형 전시는 관람자가 동력 또는 자신의 힘을 이용하여 전시물을 조작하는 등 전시물의 상태를 관람자가 직접 체험함으로써 전시물이 지니고 있는 원리 및 기능을 관찰하고, 학습할 수 있는 전시 효과를 얻을 수 있다. 패널 전시는 표현할 내용을 최소한의 시각언어로 압축하여 그림이나 사진 등으로 전달하는 방식으로, 함축적인 내용 전달에 효과적이다. 영상전시는 입체 전시의 시·공간적 한계를 극복하고 다양한 방법으로 표현할 수 있다는 장점을 가지며, 영상기기 및 기술의 발달로 가상체험 등 보다 다양한 방식의 체험이 가능하게

한다. 실물모형 전시는 실물, 복제품, 모형 등을 이용하여 연출하는 방식으로, 전시자료의 색채나 형태 등의 정보를 정확하고 세밀하게 관찰 가능하다는 장점이 있다. 실물의 경우 보존상태가 중요하므로 각별한 주의가 필요하다. 실험이벤트 전시는 해당 분야 전문가가 참여하여 실험 또는 설명하는 방식으로 이루어지며, 관람자가 직접 실험에 참여하여 즐거움과 학습의 효과를 극대화할 수 있는 장점이 있다. 음향전시는 청각 자료를 활용하여 시각적 전시물의 형태에서 벗어나 관람의 극적 효과 또는 가상 체험의 실재성을 확보하기 위해 주로 사용되는 전시 방법이다. 이상의 논의를 종합해보면 <표 5>와 같이 정리할 수 있다.

표 5. 과학관 전시 매체의 분류

매체 분류	특징
작동모형	실물이나 모형 등의 전시 형태와 영상전시를 보완하여 4차원 전시를 가능하게 하는 전시 방법
실물모형	실물, 복제품, 모형 등을 주로 이용하여 연출하는 가장 전통적이고 생생한 전시유형
영상	실물을 직접 전시할 수 없는 경우 또는 역사성에 대한 표현 등을 위해 주로 쓰이며, 표현 전달에 있어 다양한 가능성을 가짐
패널	전시 내용을 그림, 사진, 그래픽 등으로 설명하고 전달하는 방식
음향	시각적 감각에만 의존하는 기존의 관람형태에서 벗어나 극적인 관람을 위한 효과음 및 가상 체험의 실재성을 확보하기 위해 사용하는 전시방법
실험 및 이벤트	해당 분야의 전문가의 실험 또는 설명을 통해 전시물의 작동 원리와 특성을 관찰하고 직접 실험에 참여하여 학습하는 전시방법

전시 연출은 전시 그 자체의 본질을 잃지 않고 전시의도를 전시자료를 통해 최대한 효과적으로 전달하기 위해 관람자와 전시물의 한계를 고려하여 관람자를 유도할 수 있는 전시 방법의 모색을 말한다. 전시물의 선정과 전시 연출방식에 따라 관람자들이 취하는 정보와 느끼는 가치도

다르기 때문에(권순관, 김미희, 2013) 전시물의 내용적 특성을 고려하여 적절한 매체를 선정하여 조직하여야 한다. 각각의 전시 매체는 독립적으로 전시되는 것이 아니라 그래픽과 영상, 모형과 영상 등 감각적 체험 효과를 높일 수 있는 매체들의 복합 연출을 통해 전시된다.

3.3 전시 내러티브와 스토리라인

내러티브는 ‘사건, 체험 따위를 서술한 것’이라는 사전적 의미를 가지며, 주로 ‘이야기’ 또는 ‘서사’ 등으로 번역된다. 이야기는 ‘어떤 서술이나 사실, 현상에 대해 일정한 줄거리를 가지고 하는 말이나 글’로 정의되며, 한자어인 敍事(서사)는 ‘일을 차례대로 정한다’는 의미이다. 따라서 내러티브란 이야기를 구성하는데 필요한 구조나 지식, 기술과 관련된 것으로서 삶에서 발생하는 일련의 사건들을 시간적 연속성 속에서 드러내고 그 의미를 상징화하는 것을 의미한다.

전시와 건축 분야에서는 전시 콘텐츠와 관람자의 커뮤니케이션을 위한 공간 구성 전략을 위해 서사 및 문학 분야의 내러티브 구조와 속성적 특징을 적용하기 위한 연구들이 진행된 바 있다(Roberts, 2012). Roberts(2012)는 박물관의 공간에 적절한 내러티브를 이론적으로 연구하기 위하여 셰익스피어와 고대 로마 드라마를 분석한 Freytag(2012)의 연구와 현대의 모던 영화 구조 분석한 Hill(2010)의 연구를 분석하여 범용적인 이야기의 구조를 묘사하는 피라미드를 소개하였다(김성진, 이현수, 2014). 이 피라미드 구조는 <그림 4>와 같이 도입(A), 전개(B), 절정(C), 전환(D), 결말(E)의 5가지 시퀀스를 가진다.

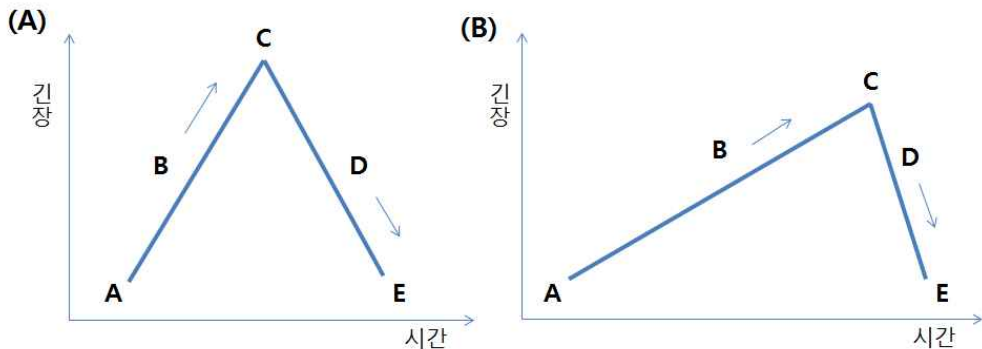


그림 4. 내러티브 피라미드의 종류. (A) 중앙절정형태 피라미드(Freytag, 2012)
(B) 절정지연형태 피라미드(Hill, 2010)

Roberts는 두 피라미드를 분석하여 Freytag의 중앙절정형태 피라미드 ((A))의 경우 시간에 따른 선형적 시퀀스를 가지지만 경험적 부분에서 절정부분이 시간상 좀 더 뒤로 배치되어 있는 Hill의 절정지연형태 피라미드((B))가 더욱 흥미로운 내러티브적 완성도를 가진다고 주장하였다. Hill은 서사과정에서 긴장이 점점 고조될수록 흥미로운 내러티브의 완성도와 관객의 몰입에 유리하다고 주장하였다. 피라미드의 가로축은 시간(Times)에 해당하며, 세로축은 긴장(Tension)에 해당한다. 긴장은 주요 내용에 대한 강조를 위해 의도적으로 연출하는 극적인 상황 또는 특성을 뜻하며, 이것을 전시공간에 표현하기 위해서는 각 전시 주제 또는 내용을 전개 방식에 따라 공간에 어떻게 구획화하여 코너마다 배치할 것인지에 대한 결정이 필요하다.

전시 내러티브는 관람자의 시각에 전시 주제, 전시 주제 간 분류와 위계 전달 등의 특정한 효과를 목적으로 전시공간을 구조화하는 전략이다. 전시공간의 구조화는 관람동선, 테마별 조닝, 전시물 배치 계획 등을 의미하며, 전시주제의 보여주기 순서 즉, 전시 관람 동선 계획과 같이 시간에 따른 전시공간의 전개 전략은 시퀀스 내러티브와 관련이 깊다(김성진, 이현수, 2014).

시퀀스 내러티브는 전달하고자하는 이야기를 보다 구조화된 방식으로 정확히 전달하기 위해 시간순 또는 물리적 경로를 따라 공간을 구성한다. 전달하려는 메시지가 시간성과 개연성을 갖고 전개됨으로써 동선에 따른 스토리라인을 구성하는 방법이다. 기·승·전·결 또는 그 이상의 단계적 스토리라인이 있을 수 있다(Cotes, 2012). 김성진과 이현수(2014)는 시퀀스 내러티브를 전시공간에 대입하기 위한 5단계를 <표 6>과 같이 제시하였다.

표 6. 시퀀스 내러티브 서사 과정(김성진, 이현수, 2014)

단계	특징
도입	이야기의 시작
전개	주요 정보를 향한 점진적 진행
절정	핵심 메시지의 전달
전환	절정에서의 국면전환, 추가 정보의 재전개
결론	이야기의 마무리

스토리라인은 전시관의 공간 영역을 이야기의 틀로 만들어 제시하는 구성계획으로, 전시를 보다 폭넓은 내러티브 안에 놓는 해석적 작업이다(Hughes, 2012). 스토리라인은 전시의 요소들과 이러한 요소들을 선택한 근거, 그리고 이것이 전시물이나 전체적인 내러티브를 지탱하고 개선해주는 방식에 대해 설명한다. 또한 스토리라인은 세부연출계획 이전의 기본계획단계에서 작업이 이루어지며, 전시물의 위치에 대한 이유를 제시하고, 전시 관련자들에게 설명적 도구가 된다. 대부분의 전시는 스토리라인을 통해 제안되는 여러 개의 장이나 영역으로 분할되며 관람자들은 이러한 장이나 영역을 통해 스토리라인에 접근하게 된다.

본 연구에서 개발하고자 하는 전시 콘텐츠의 전시 대상 공간은 구조

적인 성격의 공간이 아닌 하나의 홀로 이루어진 공간이며, 전시 주제와 세부 전시물에 담긴 의미와 메시지의 전개가 주가 되기 때문에 본 연구에서는 시퀀스 내러티브 방식의 구성이 적합하다고 판단하였다. 또한 과학관의 전시 공간은 관람자의 움직임에 따라 순차적으로 많은 양의 물적 증거와 과학 지식의 전달을 주요 목적으로 하므로 과학관에서 전시물을 공간에 효과적으로 구조화하기 위한 측면에서도 시퀀스 내러티브가 적합하다고 하겠다. 따라서 본 연구에서는 시퀀스 내러티브 방식으로 전시 콘텐츠의 스토리라인을 구성하고, 이를 기반으로 세부 주제 및 전시물들의 스토리텔링을 진행하였다. 또한 이를 통해 형식 교육의 교육과정의 내용요소들을 연계성 있게 재구성한 스토리라인이 과학관에서의 비형식 학습의 기반을 제공하여 형식 교육과 비형식 학습을 상호 보완하고, 연계될 수 있도록 하는 과학관 전시 콘텐츠를 개발하고자 하였다.

3.4 전시 스토리텔링

스토리텔링은 ‘스토리’와 ‘텔링’의 합성어이다. ‘스토리’는 시간적 연속성 속에서 인과적으로 연결된 일련의 사건들을 통해 이루어진 구조이고, ‘텔링’은 스토리텔링을 하고자하는 목적을 명확하게 하는 것이다. 즉 스토리텔링이란 스토리의 맥락을 통해 원하는 메시지를 가장 적절한 방법으로 전달한다는 의미를 가지고 있다(황신웅, 2014). 따라서 스토리텔링에 있어 스토리를 전달하는 방법은 매우 중요하다.

과거의 스토리텔링이 주로 인쇄매체 영역에서 사용되었다면 현재에는 영화, 애니메이션, 게임 등 다양한 미디어 매체는 물론 박물관이나 과학관, 테마파크와 같은 전시 공간에도 활발하게 도입되고 있다. 이는 전시의 중심이 사물에서 사람으로 변화함에 따라 관람자의 능동적인 역할이 강조되고, 관람자와 전시물과의 양방향 상호작용에 대한 요구와 필요가 높아졌기 때문이다.

스토리텔링은 일방적으로 이야기를 전달하는 것이 아니라 현재진행형의 특징을 가지고 있기 때문에 효과적인 커뮤니케이션의 수단으로 작용할 수 있다. 커뮤니케이션 과정 속에서 전시 스토리텔링은 과정의 한 부분이면서 과정을 전시 속에 넣는 작업이자, 그 과정이 계속해서 관람자들과 진행될 수 있게 만드는 것이다. 전시 구성적 측면에서는 개념 중심의 스토리텔링 구조를 통해 전시 주제를 논리적으로 구조화하여 관람자가 통합적으로 이해할 수 있게 하며, 전시 내용적 측면에서는 전시 주제를 개념화하고 스토리텔링을 도입하여 관람자의 이해와 몰입을 높일 수 있다(윤혜영, 2010).

스토리텔링은 이야기와 이야기를 하는 행위, 화자와 청자, 소리 이외의 다양한 표현 수단으로 이루어져 있기 때문에 스토리텔링은 상호작용성, 비선형성, 복합성의 특성이 나타나게 된다. 상호작용성은 스토리텔링이 이야기를 전달하는 과정에서 청자의 개입으로 정보의 흐름이 역방향으로 흐르게 하는 것이 가능하기도 한 특성이다. 전시 공간에서 최근 많이 사용되고 있는 체험형 전시에서는 이와 같은 스토리텔링 방식을 많이 시도하고 있으며, 이를 통해 관람자에게 체험적인 정보전달과 즐거움을 제공한다. 비선형성은 스토리가 일련의 순서만으로 진행되는 것이 아니라 화자와 청자의 의지 또는 개입으로 인해 이야기의 순서나 흐름이 변화하기 때문에 나타나는 특성이다. 디지털 매체가 발달하면서 스토리텔링 매체 역시 다양해지면서 소리와 문자가 아닌 이미지 또는 다감각을 이용한 미디어를 통해 이러한 특성이 더욱 두드러지게 되었다. 복합성은 스토리텔링이 문자라는 단일 미디어에서 해방되면서 음성과 이미지, 사운드, 애니메이션, 영상, 가상공간 등 다양한 형태의 정보를 통합하여 전달이 가능해짐에 따라 나타난 특성이다.

스토리텔링이 목표 메시지를 전달하기 위해서 이야기를 매체로 활용하듯이 과학관의 전시는 전시의 목표 메시지를 관람자에게 전달하기 위해 전시물을 전시하고, 공간을 매체로 하여 의미를 전달하기 때문에 전시와 스토리텔링은 구조적으로 유사한 성격을 지니고 있으며, 이를 스토

리텔링의 특성과 함께 도식화 하면 <그림 5>와 같다. 스토리는 전시공간의 목표인 전시내용에 해당하고, 텔링은 정보를 표현하고 전달하는 전시방법(연출)과 각각 비교할 수 있다. 전시 스토리텔링은 전시주제 및 목적에 대한 응집성을 높여줄 뿐만 아니라 전시에 대한 전체적인 이미지를 형성하고, 하나의 전시물 안에 수많은 이야기를 구성할 수 있게 하여 전시에 대한 몰입감과 현장감을 높여 관람자 경험을 극대화시키는 역할을 한다.

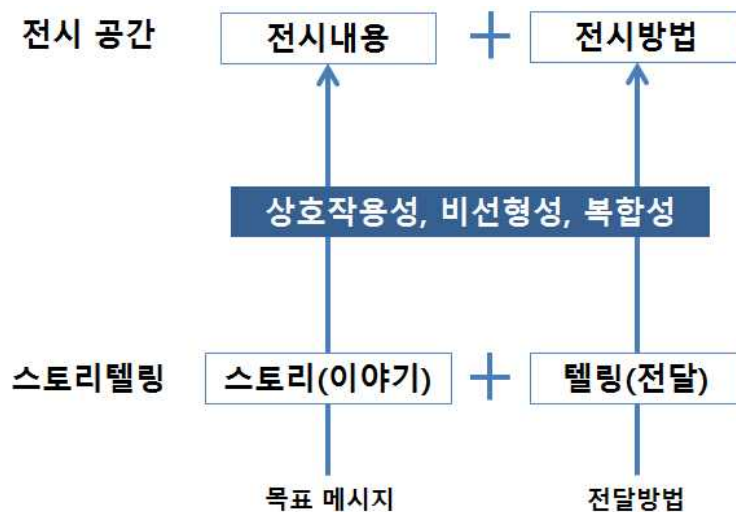


그림 5. 스토리텔링과 전시공간의 유사 관계

전시 주제와 관련된 많은 정보를 질적 가치로 변환하기 위해서는 다양한 학문이 각각 제공했던 미시적 관점에서 벗어나 총체적이고 통합적인 사고가 필요하다. 수많은 정보 속에서 보다 의미있는 지식의 유형을 추출해 가는 질적 정보로의 발전을 위해서는 정보의 조직 즉, 전시내용의 체계적 구성과 스토리의 연결이 중요하다. 이를 위해서는 먼저 정보의 스토리를 결정한 후 이 스토리를 가장 적절하게 표현할 수 있는 방법을 찾아야 전시 공간 내 전체 전시 주제가 일목요연하게 연결될 수 있

다.

최근 들어 과학관 등의 자연과학분야 박물관 전시 구성은 점차 개념 중심의 통합적 전시체계를 지향하고 있다. 개념 중심의 통합적 전시체계로 구성된 전시에 전시 스토리텔링을 활용하면 메시지를 중심으로 이야기들이 구조화되고 논리적인 구조로 확장되어 가므로 전시의 구조적 완결성을 높이고, 전시 이해도를 높일 수 있다. 이를 통해 전시의 개념을 보다 명확히 전달할 수 있으며 관람객들은 체계적인 관람경험을 할 수 있어 전시 커뮤니케이션 효과도 높일 수 있다(윤혜영, 2010).

따라서 본 연구에서는 생명의 연속성을 아우를 수 있는 스토리텔링을 기반으로 생명의 연속성 관련 교육과정 및 생명과학 전공 영역의 개념 및 세부 주제들을 스토리텔링의 방식을 통해 구성 및 연출하여 관람자들과 효과적으로 상호작용하고, 관람자들의 통합적 이해를 돕기 위한 전시 콘텐츠를 개발하고자 하였다. 특히 과학전시의 기획 및 구성에 관한 연구의 필요성을 반영하여 학교 교육과정과 연계한 과학전시 콘텐츠를 만들 때의 전시 스토리텔링 구성 시 고려해야하는 요소를 선정하고, 이를 기본 틀로 하여 스토리텔링을 구성하였다. 이렇게 개발한 생명의 연속성을 통합적이고 체험적으로 다룬 전시 콘텐츠는 그 자체로서 교육적 효과를 지님과 동시에 학교 현장에서 이루어지는 생명의 연속성 관련 교수학습을 상호 보완하는 역할을 할 수 있을 것이다.

제 3 장 연구 절차 및 방법

제 1 절 연구 절차

본 연구는 생명의 연속성의 통합적 이해를 위한 교육과정 연계 과학관 전시 콘텐츠를 개발하기 위한 목적으로 다음의 연구 과정을 통해 수행되었다.

우선 내용적 측면에서 생명의 연속성이 갖는 통합성을 우리나라 고등학교 과학과 교육과정과 생명과학 전문 영역의 내용들을 기반으로 분석하였다. 교육과정에서 생명의 연속성의 주요 내용요소들을 추출하고 범주화 한 후, 각 범주들의 연계 내용요소들을 생물학적 내용들로 추가 및 보완하여 통합적 이해를 위한 생명의 연속성 내용요소를 도출하였다. 이를 기본 내용으로 하여 생명의 연속성이라는 대주제 아래 중주제와 소주제를 선정하고, 체계적으로 조직하여 구체적인 과학관 전시 콘텐츠를 개발하였다.

교과서와 텍스트가 중심이 되는 학교와는 달리 사물과 이미지가 중심이 되는 박물관, 과학관 등에서는 스토리텔링이 차지하는 비중이 크기 때문에(이병준, 2015) 내용요소들을 구성할 때에는 전시 내러티브를 도입하여 전체 전시의 스토리라인을 구성하고, 이를 기반으로 전시물별 스토리텔링을 구체화하여 전시의 흥미와 몰입을 높일 수 있도록 하였다. 또한 세부 전시물 연출 단계에서는 전시물과 관람자 간의 상호 소통이 활발한 체험적인 전시가 될 수 있도록 다양한 매체를 복합적으로 사용하도록 개발하였다. 개발한 전시 콘텐츠는 최종적으로 전문가 집단에 의해 평가 및 검토 받았다. 이러한 연구 절차를 정리하면 <그림 6>과 같다.

연구 개요 및 절차

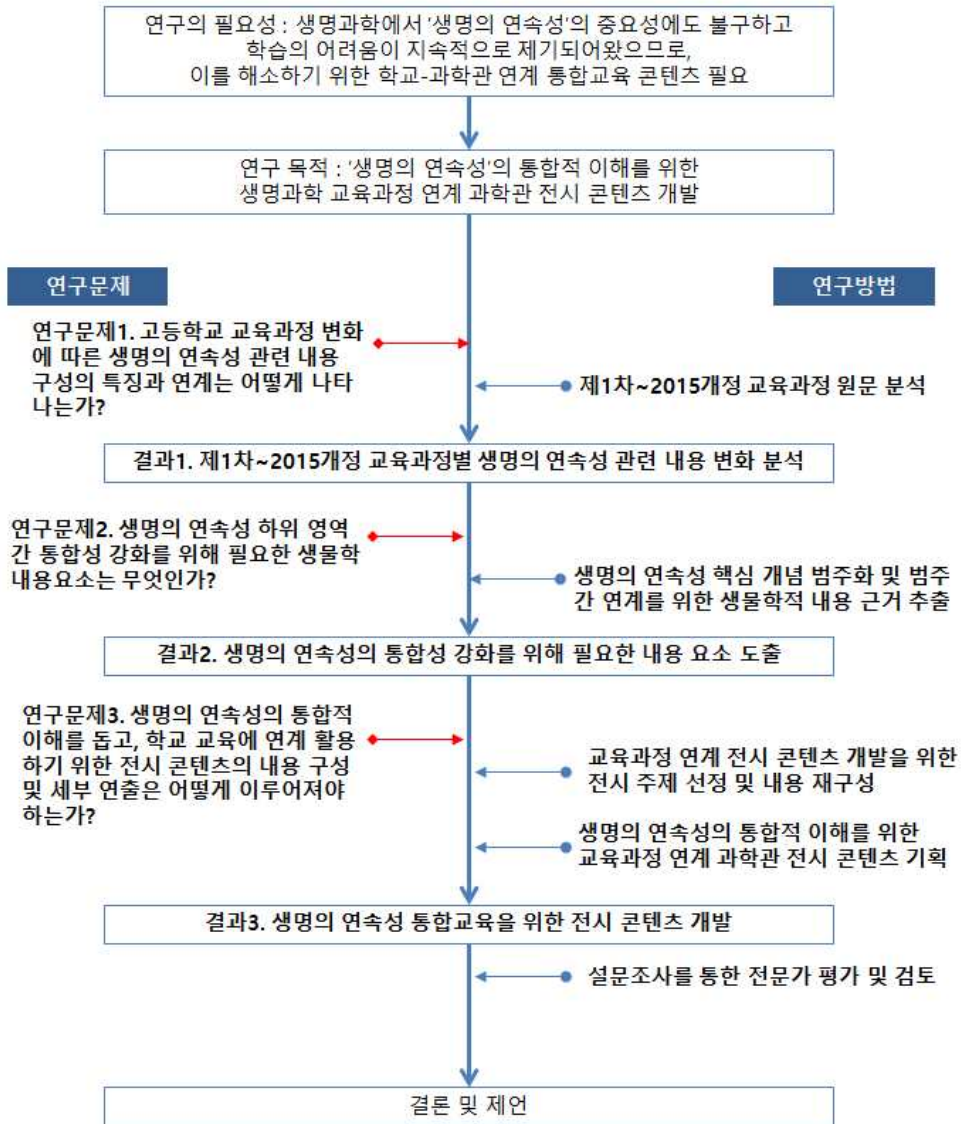


그림 6. 연구 개요 및 절차

제 2 절 연구 방법

1. 우리나라 교육과정에 나타난 생명의 연속성 내용 요소 분석

우리나라 교육과정의 변화에 따라 고등학교 과학과 교육과정에 제시된 생명의 연속성 관련 내용요소의 구성과 연계는 어떻게 변화해 왔는지를 분석하였다. 연구 대상은 우리나라 제1차 교육과정부터 2015 개정 고등학교 과학과 교육과정 원문을 대상으로 하였으며, 원문 자료는 국가교육과정 정보센터 사이트(<http://ncic.go.kr>)의 자료실에 공개된 자료를 이용하였다.

각 차수의 교육과정 원문 중 생명의 연속성 관련 내용요소들을 교육과정별로 추출하여 정리 후 각 내용요소들이 학교급 및 학년, 교과별로 어떻게 구성되어 왔는지 분석하였다. 생명의 연속성 관련 내용요소의 특징적인 변화가 나타나는 시기를 기준으로 하여 네 시기로 나누어 분석하였으며, 그 시기는 각각 제1차~제3차 교육과정, 제4차~제5차 교육과정, 제6차~2007 개정 교육과정, 2009 개정~2015 개정 교육과정으로 나눌 수 있다. 각 교육과정 시기별로 생명의 연속성 관련 내용이 수록된 고등학교 과학과 교과를 계열에 관계없이 모든 학생들이 학습하는 공통 과목과 이과 또는 자연계열 학생들 중에서 선택하여 학습하는 선택 과목으로 나누어 분석하였으며, 교과에서 다루는 생명의 연속성 관련 내용요소를 중단원 수준까지 비교하였다. 교육과정에 등장한 생명의 연속성 관련 내용요소들이 어떻게 구성되고 연계되어 왔는지 그 특징을 분석하였으며, 이 분석 내용은 다음 연구 단계에서 생명의 연속성 통합성 강화를 위한 내용요소 도출을 위한 기본 틀이 되었다. 분석 결과는 생물교육 전문가 2인의 검토를 거쳤다.

2. 생명의 연속성 내용요소 간 통합성 강화를 위한 생물학적 내용요소 보완

본 연구에서는 생명의 연속성의 통합적 이해를 높일 수 있도록 학교와 과학관 학습을 연계한 학습을 위한 전시 콘텐츠를 개발하고자 하였다. 따라서 앞에서 분석한 생명의 연속성 관련 내용요소를 기본 틀로 하고, 내용요소 간 통합성을 강화하기 위한 목적으로 생물학적 내용요소들을 추가 보완하고자 하였다. 이를 위해 교육과정에 등장한 내용요소를 범주화 하고, 각 범주 간의 연계성을 높일 수 있는 내용요소를 학술 연구논문과 생명과학 전공서적 및 과학 교양서적 등으로부터 추출하여 추가 및 보완하였다.

내용요소 범주화를 위한 방법으로는 데이터 시각화의 한 종류인 워드 클라우드 기법을 이용하였다. 워드 클라우드는 텍스트에 포함된 단어의 사용 빈도를 계산해서 시각적으로 표현하는 방식이다. 워드 클라우드 제작은 한글 데이터 입력이 가능한 ‘Tagxedo(<http://www.tagxedo.com>)’를 이용하였다. 특정 단어가 다른 단어에 비해 상대적으로 높은 빈도로 등장하면 결과물에서 큰 글씨로 나타나므로 핵심 개념을 추출하는 데에 유용하게 사용할 수 있는 방법이다. 제1차 교육과정부터 2015개정 교육과정까지 고등학교 과학, 생물, 생물 I·II, 생명과학 I·II 교과에 교육과정에 제시된 총 242개의 내용요소들을 분석대상으로 하였으며, 가장 높은 빈도를 나타낸다는 것은 교육과정의 변화에도 불구하고 공통적으로 강조되어 온 핵심적인 내용요소라고 판단하였다. 각 내용요소들은 언어적 형태소 분석을 통해 (1) 단일 체언이 아니면서 조사 앞의 체언 때문에 다른 내용요소로 처리될 수 있는 경우 생물학적 의미를 기준으로 조사 앞의 체언은 제외하는 방식을 취했으며(예: 생명의 기원, 생물의 기원→기원), (2) 생물학적으로 같은 개념이지만 여러 용어로 사용되는 경우 하나의 용어를 사용하였다(예: 감수분열, 생식세포분열→감수분열).

표 7. 생명의 연속성 내용 범주 간 연계성 강화를 위해 이용한 참고 자료

자료 분류	저자, 제목, 학술지명(또는 출판사명), 연도
연구 논문	-김철희. 제브라피쉬(Zebrafish; Danio rerio). 분자세포생물학뉴스, 2007,19(1):43-52
	-Abzhanov A, Kuo WP, Hartmann C, Grant PR, Grant BR and Tabin CJ(2006) The <i>calmodulin</i> pathway and evolution of beak morphology in Darwin's finches. <i>Nature</i> 442: 563-567.
	-Abzhanov A, Proas M, Grant BR, Grant PR and Tabin CJ(2004) <i>Bmp4</i> and morphological variation of beaks in Darwin's finches. <i>Science</i> 305(5689): 1462-1465.
	-Akam M(1989) Hox and HOM: homologous gene clusters in insects and vertebrates. <i>Cell</i> . 57(3): 347-349.
	-Averof M & Akam M(1995) Hox genes and the diversification of insect and crustacean body plans. <i>Nature</i> 376, 420-423.
	-Deneen M. W. and Mario R. Ci. Hox10 and Hox11 Genes Are Required to Globally Pattern the Mammalian Skeleton. <i>Science</i> , 2003, 301(363)
	-Hiroshi Yanagawa <i>et al.</i> , Construction of Protocellular Structures Under Simulated Primitive Earth Conditions. <i>Orig Life Evol Biosph</i> . 1988, 18(3):179-207.
	-Maheshwar Gummalla et al., Hox gene regulation in the central nervous system of Drosophila. <i>Front. Cell. Neurosci.</i> , 2014, doi: 10.3389
	-Miller SL. A Production of Amino Acids Under Possible Primitive Earth Conditions. <i>Science</i> , 1953, Vol. 117(3046):528-529
	-Shapiro MD, Bell MA, Kingsley DM(2006) Parallel genetic origins of pelvic reduction in vertebrates. <i>Proc Natl Acad Sci USA</i> 103(37):13753-8.
	-Struhl G(1982) Genes controlling segmental specification in the Drosophila thorax. <i>Proc Natl Acad Sci USA</i> . 79(23): 7380-4.
생명과학 전공 서적	-Benjamin A. Pierce. 전상학 역. <i>유전학의 이해 3판</i> . 라이프사이언스, 2009
	-Douglas J. Futuyma. 박영철 역. <i>진화학</i> . 라이프사이언스, 2008
	-Gilbert SF(2014) <i>Developmental Biology</i> 10 th edition. Sinauer Associates.
	-Jane B. Reece. 전상학 역. <i>캠벨 생명과학: 9판</i> . 바이오사이언스, 2012
	-Kenneth V., Kardong. 허만규 역. <i>진화학: 2판</i> , McGrawHill Korea, 2012
과학 교양서적	-Sadava, Hills, Heller, Berenbaum <i>Life: The science of Biology</i> 9 th edition. Freeman, 2012
	-닉 레인, 『미토콘드리아』, 김정은 역, 뿌리와이파리, 2008
	-닉 레인, 『생명의 도약』, 김정은 역, 글항아리, 2011
	-닐 슈빈, 『내 안의 물고기』, 김명남 역, 김영사, 2015
	-데이비드 크리스천 외. 『빅 히스토리』, 조지형 역, 해나무, 2013
	-로버트 M. 헤이즌. 『지구이야기』, 김미선 역, 뿌리와이파리, 2014
	-리처드 도킨스. 『지상 최대의 쇼』, 김명남 역, 김영사, 2014
	-리처드 도킨스. 『눈먼 시계공』, 이용철 역, 사이언스북스, 2014
	-선 B. 캐럴. 『이보디보: 생명의 블랙박스를 열다』, 김명남 역, 지호, 2008
	-선 B. 캐럴. 『진화론 산책』, 구세희 역, 살림Biz, 2012
	-스티븐 제이 굴드. 『풀하우스』, 이명희 역, 사이언스북스, 2013
	-애덤 러더퍼드, 『크리에이션』, 김학영 역, 중앙books, 2013
	-앤드류 H. 놀. 『생명: 최초의 30억년』, 김명주 역, 뿌리와이파리, 2013
	-우희중 외. 『생명』. 서울대학교출판문화원, 2
	-유헌 빈. 『찰스 다윈: 그래픽 평전』, 김소정 역, 푸른지식, 2014
	-이일하, 『이일하 교수의 생물학 산책』. 궁리, 2014
	-장대익. 『생명은 왜 성을 진화시켰을까?』. 와이스쿨, 2014
	-장대익. 『다윈의 식탁』. 바다출판사, 2014
	-제리 코인. 『지을 수 없는 흔적: 진화는 왜 사실인가』, 김명남 역, 을유문화사, 2012
	-찰스 다윈. 『종의 기원』, 송철용 역, 동서문화사, 2013
	-피터 워드. 『진화의 키, 산소 농도』, 김미선 역, 뿌리와이파리, 2013
	-피터 J. 보울러. 『찰스 다윈』, 한국동물학회 역, 전파과학사, 1999

내용요소 범주 간 연계성 강화를 위한 추가 내용요소의 선정을 위해 이용한 참고문헌은 <표 7>과 같다. 내용의 신뢰도와 타당도 확보를 위하여 신뢰성 있는 출처의 자료를 확보하였으며, 모든 자료는 연구 논문, 전공 서적, 과학 서적 등 세 종류 이상의 자료 출처에서 확인한 후 추가하였다. 또한 결과물은 유전학, 진화학, 분류학, 발생학, 분자생물학 전문가와 생물교육 전문가의 검토를 받아 확정하였다.

3. 생명의 연속성에 대한 통합적 이해를 위한 과학관 전시 콘텐츠 개발

교육과정에 나타난 생명의 연속성 관련 내용요소의 분석 결과에 연계 및 통합성 강화 요소를 보완한 결과를 바탕으로 과학관 전시를 위한 전시 콘텐츠를 기획하였다. 전체 과정은 <그림 7>과 같다.

먼저 전시 주제인 생명의 연속성의 전시 콘텐츠로서의 성격을 구체화하고, 이전 과정에서 도출한 생명의 연속성의 내용요소를 재구성하여 전시를 위한 중주제를 선정하였다. 중주제 선정 후에는 전시 내러티브를 구성하고, 내러티브 시퀀스에 적합하게 중주제 배치 후 소주제를 선정하였다. 전시 내러티브 구성을 위해서는 Hill(2010)의 피라미드를 이용하였으며, 시퀀스 내러티브 서사는 도입-발단-전개-절정-결말의 흐름을 갖도록 하였다. 발단에서 전개 부분의 긴장이 길고 완만한 경사를 이루도록 하고, 전개부분에 주요 체험형 전시물들을 배치하여 관람자의 몰입도가 점점 고조될 수 있도록 구성하였다.

전시 콘텐츠의 기획을 위해 장은경(2009)이 제안한 과학관 전시 기획 프로세스를 수정하여 본 연구를 위한 전시 프로세스를 수립하였다. 본 연구에서는 생명과학 교육과정과 연계한 과학관 전시 콘텐츠의 내용적 요소에 초점을 두고 기획을 진행하였으므로, 기존의 프로세스에서 관리와 예산 부분을 제외하여 재구성하였다. 본 연구에서 수행한 전시 프로

세스의 단계는 크게 전시 구상-기본계획-연출 기획 단계로 설정하였으며, 전시 구상 단계에서는 전시 기획 배경, 전시 기획 방향, 전시 기획 목표, 전시 환경 분석의 과정으로 수행하였다. 기본계획 단계에서는 전시 스토리라인 및 전시 스토리텔링을 구체화하였으며, 연출 기획 단계에서는 전시 세부 연출과 전시 평가 과정을 수행하였다.

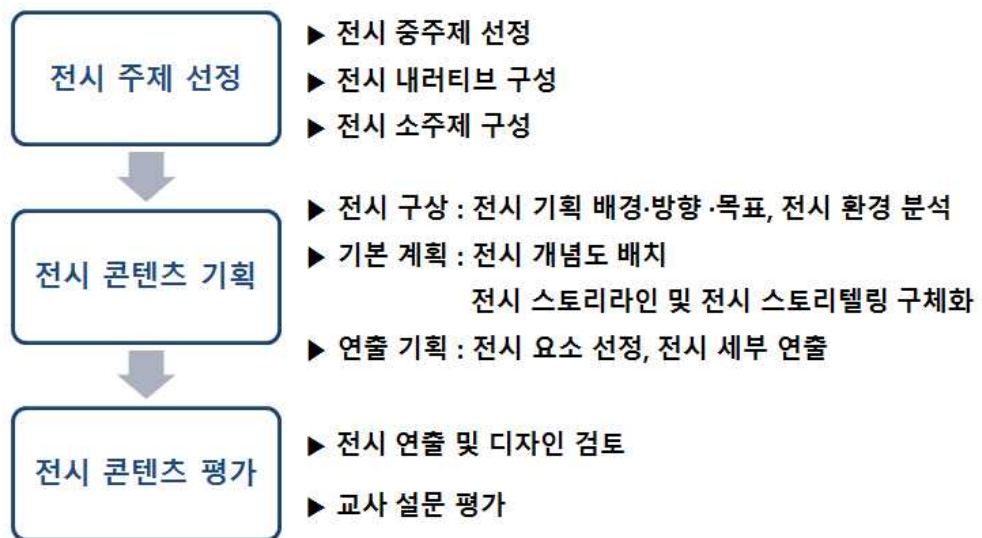


그림 7. 전시 콘텐츠 개발 과정

전시 구상 단계에서는 전시 기획의 배경과 방향 설정을 통해 전시 목표를 분명히 하고, 전시 대상 공간을 분석하며, 기본계획 단계에서는 전시 주제를 개념화하여 개념 배치하고, 전체 전시 스토리라인을 완성하였다. 스토리라인 수립 후에는 완성한 스토리라인을 대상 전시 공간 내에서 효과적으로 구현하기 위하여 각 중주제별 핵심 질문을 설정하고, 그 질문에 대한 답을 탐구하는 코너로 전시 공간을 구조화하였다. 중주제별로 다시 소주제를 선정하여 각 전시 코너의 전시물들이 소주제 내용요소를 정확하고 적절하게 표현할 수 있도록 전문자료와 서적 등을 토대로 세부 전시물 별 전시 스토리텔링을 구체화하였다. 전시 스토리텔링을 작

성할 때에는 교육과정과 연계하는 과학 전시물을 기획할 때 고려해야 할 요소들을 위주로 기본 양식을 <그림 8>과 같이 만들고, 그에 따라 작성하였다.

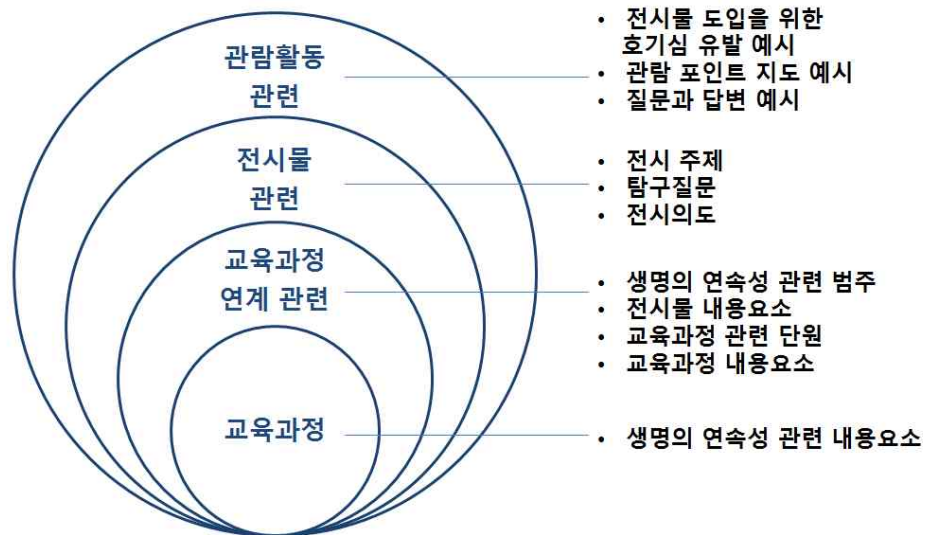


그림 8. 교육과정 연계 전시 스토리텔링 구성 요소 선정

교육과정 연계 전시 스토리텔링 구성 요소들은 교육활동과 연계하는데 도움이 될 수 있도록 전시물 관련 측면과 교육과정 연계 관련 측면, 관람 활동 관련 측면으로 나누어 구성하였다. 전시물 관련 측면은 전시물에 대한 기본 정보와 전시 의도를 담고 있는 항목으로, 전시 주제, 탐구질문, 전시의도로 구성하였으며, 교육과정 연계 관련 측면은 해당 전시물을 교육과정과 어떻게 연계할 수 있는지에 관한 항목으로, 핵심 내용요소와 관련 교육과정 항목으로 구성하였다. 본 연구에서 개발하고자 한 전시 콘텐츠는 고등학교 1~3학년 학생을 대상으로 하므로, 각 학년의 전후 교육과정에 관한 정보를 제공하기 위하여 관련 교육과정을 구성할 때에는 중학교 1~3학년군 과학3의 관련 내용요소도 포함하여 제시하였다. 또한 현재 시기를 기준으로 하여, 교육과정 내용요소는 2009 개정 교육

과정을 대상으로 하였다.

연출기획 단계에서는 스토리텔링 내용을 토대로 전시 연출 매체 등의 전시 요소를 선정하여 전시 공간 내에 어떻게 배치하고 연출할 것인지를 세부적으로 결정하였다. 전시 요소의 결정에는 김찬중 등(2006)이 제시한 기준을 <표 8>과 같이 수정하여 이용하였다.

표 8. 전시 요소의 구성

전시 요소영역	전시 표현방식	전시 연출매체	전시설명	활동유형	
				수동적	능동적
세부항목	대상물	생육	텍스트	고정전시	전시물 작동
		작동모형	그림	자가작동전시	전시물 조정
		실물모형	오디오		컴퓨터 활용
	사건	영상	비디오	생물관찰	신체 이용
		그래픽패널			
		음향	소프트웨어	시범실험	도구 사용
	시스템				

개발한 전시 콘텐츠의 전시 세부 연출의 실제 구현 가능성 및 현실성을 전시 연출 전문가와 전시 디자인 전문가 3인의 검토를 받아 확정하였다. 전시 기획에 사용한 연구 용어의 수준과 범위는 <그림 9>와 같다.

전체 전시 콘텐츠의 핵심 주제를 대주제로 하여 전체 전시공간을 아우르는 개념으로 잡고, 하위 중주제들을 선정하여 전시 공간을 각 전시 코너로 구체화하였다. 각 전시 코너들은 여러 개의 세부 전시물들로 구성되도록 기획하였으며, 이 때 각 전시물마다 하나의 소주제를 표현하도록 하였다. 소주제들은 공통된 중주제에 관한 내용들로 구성되도록 하였고, 모든 전시물들은 대주제 및 중주제와 연결되는 스토리라인 상에 존재하도록 스토리텔링하였다.

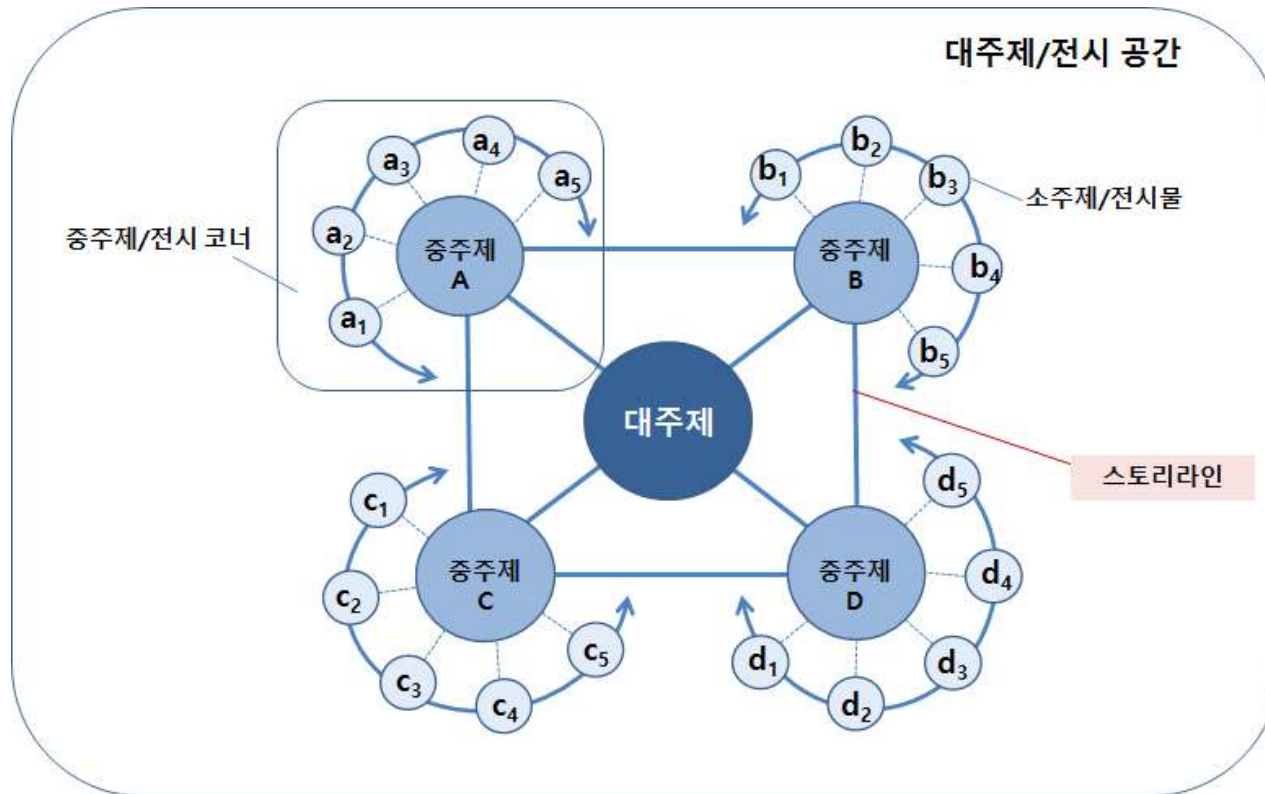


그림 9. 연구에 사용한 전시관련 용어의 범위

4. 개발한 전시 콘텐츠의 검토 및 평가

본 연구에서 개발한 생명의 연속성의 통합적 이해를 위한 과학관 전시 콘텐츠에 대한 전시 평가를 실시하였다. 형식교육과의 연계 학습을 위한 목적으로 개발한 과학관 전시 콘텐츠이므로, 현직 교사들을 대상으로 한 설문조사를 통해 개발한 콘텐츠의 적절성과 활용가능성을 중심으로 평가받고자 하였다. 평가에 참여한 교사들의 배경은 <표 9>와 같다.

표 9. 평가 참여 교사 배경

항목	구분	빈도(%)
소속 학교급	중학교	5(35.7)
	고등학교	9(64.3)
교직 경력	5년 미만	4(28.6)
	5년 이상~10년 미만	10(71.4)
전공	생물	6(42.9)
	생물&공통과학	8(57.1)
계		14(100)

설문에 참여한 교사는 총 14명으로, 고등학교 교사 9명, 중학교 교사 5명으로 구성되었다. 평가 대상인 전시 콘텐츠는 관람 대상을 고등학생으로 하여 개발하였지만, 고등학교 1학년 학생들의 수직적 연계를 위해 전시 콘텐츠에 중학교 과학3의 내용요소를 반영하였음을 고려하여 중학교 교사에게도 설문 및 검토 의견을 받았다.

설문 문항은 크게 (1) 교사의 기본 정보 및 과학관 학습 관련 배경, (2) 개발한 전시 콘텐츠에 관한 평가 및 의견, (3) 학교-과학관 연계 학습에 대한 인식 조사의 세 영역으로 구성하였다. 각 부분을 이루는 문항의 종류는 <표 10>과 같다.

표 10. 전시 평가를 위한 문항 구성

문항 영역	문항 내용
교사의 기본 정보 및 과학관 학습 관련 배경	소속 학교급, 교직경력, 전공, 과학관 이용한 교수학습경험 유무·장소·대상·방법 관련
개발한 전시 콘텐츠에 관한 평가 및 의견	중주에 I~Ⅶ 관련 세부 평가문항(생명의 연속성 관련, 교과 연계 활용 가능성, 과학에 대한 흥미 향상 관련, 과학탐구 능력 향상 관련), 잘된 점, 보완 필요한 점 관련
학교-과학관 연계 학습에 대한 인식	연계 운영에 관한 생각, 연계 교육 시기, 연계 교육 실행에 대한 장애 요소, 연계교육 실행 의향 관련

교사의 기본 정보 및 과학관 학습 관련 배경 범주에서는 평가에 참여한 교사들의 기본적인 정보인 소속 학교급과 교직 경력, 전공에 대해 응답하도록 하였다. 과학관 학습 관련 배경에서는 과학관을 활용하여 교수 학습 활동을 해 본 경험이 있는지 응답하고, 경험이 있는 경우 교육 대상과 교육 방법은 어떠하였는지를 질문하였다. 교육 대상과 교육방법 모두 다중응답이 가능한 형태로 구성하여 여러 번의 활동 경험이 있는 교사의 경우에는 모두 표시할 수 있도록 하였다.

개발한 전시 콘텐츠에 관한 평가 및 의견 범주에서는 본 연구에서 개발한 모든 콘텐츠에 대한 대주제, 중주제, 소주제명과 전시물의 내용, 세부 연출 매체 등의 정보를 제공하고, 이에 대한 평가를 네 영역에서 하도록 구성하였다. 첫 번째 영역은 생명의 연속성 관련 내용요소를 반영하였는지에 관한 문항이었으며 두 번째는 교과 내용과 연계하여 활용할 수 있겠는지에 관한 문항, 세 번째는 학생들의 과학에 대한 흥미를 높일 수 있는 전시물인지에 관한 문항, 네 번째는 학생들의 과학탐구 능력 향상에 관한 문항이었다. 또한 각 전시물에 대하여 좋은 점과 보완이 필요한 점에 대한 의견을 주관식 문항으로 작성하도록 하였다. 각 전시물에 대한 세부 평가 후에는 전체 전시물에 대한 종합 평가에 관한 문항에 응

답하도록 하였다. 종합 평가는 전체 전시 콘텐츠의 관람에 적절한 수준과 관람을 추천하고 싶은 대상, 관람 및 체험에 적합할 것으로 생각하는 시기에 관해 묻는 질문으로 구성하였다.

세 번째 범주는 학교-과학관 연계 학습에 대한 인식 관련 범주로, 학교 교육과정과 과학관을 연계하여 운영하는 것에 대한 생각과 그 이유, 과학관 학습을 수업에 활용한다면 어느 시간에 실시하는 것이 적합할지에 관한 의견, 과학 수업에 과학관 학습을 활용하고자할 때의 장애 요소, 향후 과학관 활용한 교육의 실행 의향에 관한 문항들로 구성하였다. 제작된 설문지는 과학교육 전문가 2인의 검토와 논의를 통해 수정 보완한 후 적용하였다.

설문 결과 수합 후 선택형 문항에 대한 빈도 분석을 실시하였고, 5단계 리커트 척도 문항의 경우 ‘전혀 아니다’의 경우 1점, ‘아니다’의 경우 2점, ‘보통이다’ 경우 3점, ‘그렇다’의 경우 3점, ‘매우 그렇다’의 경우 5점으로 환산하여 각 범주별 환산 평균과 표준편차를 구하였다. 서술형 문항에 대한 응답은 범주화하여 분석하였다.

제 4 장 연구 결과 및 논의

제 1 절 생명의 연속성의 통합적 이해를 위한 교육과정 및 생물학적 내용요소 분석

1. 교육과정 변화에 따른 생명의 연속성 관련 내용 구성과 연계 분석

우리나라의 교육과정은 1954년 공포되어 시행된 제1차 교육과정을 시작으로 여섯 차례의 전면 개정을 거쳐 7차 교육과정에 이르렀으며, 이후 두 차례의 수시 개정을 통해 현재는 2009 개정 교육과정이 각 학교급에서 적용 중이다. 또한 2015년 9월에는 2015 개정 교육과정이 고시되어 2017년 3월 초등학교 1, 2학년을 시작으로 순차적인 시행을 앞두고 있다.

교육과정의 개정이 있는 경우 당시의 사회 상황과 학문 사조, 교육과정 목표 등에 따라 과학과 교과들의 편제와 내용 구성도 함께 변화해 왔다. 본 절에서는 고등학교 과학과 교육과정의 변화에 따라 생명의 연속성 관련 내용들의 구성과 연계가 어떻게 변해 왔는지를 분석하여 생명의 연속성이라는 주제의 통합성이 어떻게 다루어져왔는지를 알아보고자 하였다. 생명의 연속성 관련 내용의 구성 체계에 나타나는 특징에 따라 제1차~제3차 교육과정, 제4차~제5차 교육과정, 제6차~2007 개정 교육과정, 2009 개정~2015 개정 교육과정의 네 시기로 나누어 분석하였다.

1.1 생명의 연속성 개념과 주요 내용요소의 등장: 제1차~제3차 교육과정

단원명으로서의 ‘생명의 연속성’이 교육과정에 처음 등장한 것은 제3차 교육과정이었지만, 제1차와 제2차 교육과정에서도 생명의 연속성 내용요소들은 지속적으로 등장해왔다. 1954년 공포되어 1963년 개정 전까지 적용되었던 제1차 교육과정에서는 중학교와 고등학교의 교과 조직이 처음 체계적으로 갖추어졌다. 모든 학생들이 중학교에서는 필수 교과목으로 과학을 배우고, 고등학교에서는 계열 구분 없이 물리, 화학, 생물, 지학의 단일 공통과정으로 학습하였다.

제1차 교육과정에서 생명의 연속성 관련 내용요소들은 생물교과의 총 8개 단원 중에서 3단원에서 드러났다. 고등학교 생물 1단원 ‘생물의 형태와 기능’에서 세포와 세포분열이 다루어졌고, 5단원 ‘생물의 종족 유지와 진화’에서 생식과 발생, 유전, 진화가 등장하였으며, 6단원 ‘보건’에서 생물의 성장 및 노쇠, 죽음으로 구성된 생물의 일생을 다루었다. 단원 구성으로 보아 생명의 연속성에 해당하는 세포분열과 생물의 일생이 생식과 발생-유전-진화 체제와 분리되어 다루어졌다. 그러나 1단원을 세포에 관한 내용으로 시작하여 세포가 생명의 기본 단위라는 개념을 도입하였고, 생식과 발생, 유전, 진화를 한 단원으로 묶어 구성하여 생명의 연속성을 이루는 핵심 개념들을 포함하고자 하였으며, 연속성의 원리를 교과 내용 안에 담고자 했던 시도가 나타난 것으로 보인다.

제2차 교육과정은 1968년부터 1978년까지 적용되었으며, 교육과정의 체제가 과학과 목표-생물과 목표-지도내용-지도 상 유의점 순으로 보다 체계적이고 현대적인 모습을 띠기 시작하였다. 1차 교육과정과는 달리 고등학교에 계열 구분이 생겨 학생의 적성에 따라 인문과정, 자연과정, 예능과정, 취업과정 등으로 운영하도록 하였다. 1학년은 계열 구분 없이 생물 I 을 필수로 배우고, 2학년부터 계열을 분리하여 자연계열만 물리Ⅱ,

화학Ⅱ, 생물Ⅱ, 지학을 이수하도록 하였다.

제2차 교육과정의 생명의 연속성 관련 내용 구성은 생물Ⅰ과 생물Ⅱ 모두 생식과 발생-유전과 변이-생물의 진화가 연속적으로 구성되어 제1차 교육과정 5단원의 체계가 유지되었고, 생물Ⅰ에서는 생식과 발생 안에서 세포분열과 생물의 성장을 함께 다루어 생명의 연속성의 연계가 잘 이루어졌다. 그러나 생물Ⅱ는 생물Ⅰ에서 제외된 내용으로 구성되어 I·Ⅱ의 내용체계가 제대로 이루어지지 못하였다는 연구가 있었다(정완호, 1981). 유전과 변이에서 유전학의 기본 지식과의 연관성 없이 바로 유전학의 응용을 다루거나 진화의 핵심 원리 등을 I에서만 다룬 채 Ⅱ에서는 생명의 기원이 인류의 진화와 연관성을 살리지 못하고 묶이는 등 지식체계의 단절이 있어 학습의 어려움을 초래하였다.

학문중심주의의 영향을 받은 제3차 교육과정은 교과 내용의 구성이 더욱 체계화되어 교육과정의 현대화가 이루어졌다. 과학과 교과는 제2차 교육과정에서 I·Ⅱ체제로 운영되었던 것이 다시 통합되어 문·이과 공통으로 운영되었으며, 학생들은 공통과정인 1학년 때 물리, 화학, 생물, 지구과학 중 두 과목을 선택하여 배우고, 이과 학생들은 나머지 두 과목을 2학년부터 배우도록 하였다. 제2차 교육과정에서 생물Ⅰ 11단원, 생물Ⅱ 8단원으로 구성되었던 생물 교과는 5개의 대단원으로 통합되었다.

제3차 교육과정의 생명의 연속성 관련 내용은 생식-발생-유전-생명의 기원-진화로 연계되어 4단원 ‘생명의 연속성’ 내에서 모두 다루어졌다. 기존의 생물 교과의 단원명과는 달리 제3차 교육과정에서는 학생들의 개념체계 형성을 위해 단원명에 항상성, 연속성, 다양성과 같은 개념적 용어를 많이 사용한 것이 특징이다. 그러나 고등학교 생물 교과에 포함된 내용요소들 중 ‘연속성’이라는 개념에 포함되는 하위 요소들이 다른 단원에 비해 상대적으로 많아 다른 대단원에 비해 학습의 부담이 초래되었다는 문제가 있었다.

이상의 내용으로 볼 때 제1차 교육과정부터 제3차 교육과정까지는 생물 교과의 내용 체계와 구성이 등장하여 확립되어가는 시기였음을 알 수

있으며, 이에 따라 생명의 연속성 관련 내용요소들도 제1차 교육과정 등장 이후 단위 간의 내용 이동을 통해 고등학교 생물 교과에서 다루어져야 할 내용요소들이 점차 결정되었음을 알 수 있다. 제3차 교육과정까지의 생명의 연속성 관련 내용 구성은 세포와 세포분열-생식-발생-유전-생명의 기원-진화로 체계화 되었으며, 세부 내용 구성 변화는 <표 11>을 통해 확인할 수 있다.

표 11. 제1차~제3차 교육과정 내용요소

적용 대상	제1차 교육과정	제2차 교육과정	제3차 교육과정
공통	<생물> 1. 생물의 형태와 기능 (1) 생물의 형태 (세포, 세포분열 포함) (2) 조절과 통일(재생) 5. 생물의 종족 유지와 진화 (1) 생식과 발생 (2) 유전 (3) 진화 6. 보건 : 생물의 일생	<생물 I > 8. 생식과 발생 (1) 무성생식과 유성생식 (2) 성세포 (3) 수정 (4) 세대 교번과 핵상 교번 (5) 성장과 변태 9. 유전과 변이 (1) 유전법칙 (2) 여러 가지 유전 현상 (3) 암수의 결정 (4) 변이 10. 생물의 진화 (1) 진화의 사실 (2) 진화의 원인	<생물> 4. 생명의 연속성 (1) 생식 (2) 발생 (3) 유전 (4) 생명의 기원 (5) 진화
		<생물 II > 4. 생식과 발생 (1) 배의 발생 (2) 발생의 기구 5. 유전과 변이 (1) 유전학의 응용 6. 생물의 진화 (1) 생명의 기원 (2) 인류의 진화	-
선택	-		

1.2 분자생물학의 도입과 진화의 분리: 제4차~제5차 교육과정

제4차 교육과정은 1981년 12월 31일에 공포되어 1987년에 고시된 제5차 교육과정이 모두 시행될 때까지 적용되었다. 학문중심 교육과정이었던 제3차 교육과정의 문제를 보완할 필요와 학교 교육 정상화 조치에 의한 사회적 요구 등으로 인해 문교부가 한국 교육개발원에 교육과정 개발 연구를 위촉하였으며, 이를 통해 교육과정의 연구 및 개발 체제가 정착하기 시작하였다. 과학과의 경우 학문중심 교육목표의 영향으로 과학 지식의 유기적인 관계와 학문의 본질을 교육하고자 하였으므로 목표 면에서는 제3차 교육과정의 목표를 거의 유지하였으나 제3차 교육과정에서 학생들의 생물 선호 현상이 두드러졌으므로 이를 개선하기 위해 과학의 네 과목을 고루 배우게 하였다. 그 결과 과학 교과들은 다시 I·II 체계로 다시 나누어 졌고, 모든 학생들은 물리, 화학, 생물, 지구과학의 I 과목을 1학년에서 모두 필수로 학습하여야 했으며, 자연계 학생의 경우 II 역시 네 과목을 모두 들어야 했다. 생물 교과의 경우 생물 I에서는 세포 수준 이상의 개념을 다루어 생물 전반에 걸친 이해를 돕고, 생물 II에서는 세포 수준 이하의 미시적인 내용을 다루도록 하여 보다 심화된 학문 탐구가 이루어지도록 하는 체계를 구축하였다. 이러한 체계는 이후의 교육과정까지 유지되어 왔다.

생물 I·II의 분리 이외에 생명의 연속성 관련 내용적 측면에서 제4차 교육과정의 가장 큰 변화는 생물 II의 유전 단원에 유전자와 형질발현을 포함시킴으로써 DNA구조의 발견 이후 빠르게 발전해 온 분자생물학과 유전공학 분야를 교육과정에 처음으로 도입한 것이다. 생물 I에서는 생식과 발생 단원에서 세포분열-생식-발생을 다루고, 연속적인 유전과 진화 단원에서 유전-생명의 기원-생물의 진화를 다루어 생명의 연속성 내용의 연계가 매우 잘 이루어진 교육과정이었다. 생물 II에서는 유전물질

과 핵산을 시작으로 DNA 복제, 형질 발현과 조절, 집단유전을 다루어 I 과 II의 연계 또한 잘 이루어진 것을 알 수 있다.

제5차 교육과정은 제4차 교육과정의 골격을 유지하면서 내용 수준과 배열을 조정하여 개정 결과가 현장에 큰 영향을 주지 않도록 하는 점진적인 변화를 도모하였다. 과학과의 경우 기존의 교과를 통합 및 축소하여 인문 과정은 제4차 교육과정의 생물 I 과 지구과학 I 을 통합한 ‘과학 I’과 화학 I 과 물리 I 을 통합한 ‘과학II’의 두 과목을 이수하도록 하였고, 자연 과정 학생들은 추가로 물리, 화학을 이수하고, 생물과 지구과학 중 한 과목을 선택하여 추가 이수하도록 하였다 이로 인해 처음으로 자연계 학생이라도 생물 심화 과정을 이수하지 않을 수 있게 되었다.

제5차 교육과정의 생명의 연속성 관련 내용은 공통 필수 과목인 과학 I 에서 ‘생명의 연속성’ 단원 내에서 세포분열-생식-발생-유전을 연속하게 학습하도록 하였으나, 이전 교육과는 달리 생명의 연속성 단원에서 진화가 삭제되어 고등학교 공통 필수 과목에서 진화가 빠지게 되었다. 과학 I 에서 삭제된 진화는 자연계 학생들 중에서도 선택한 학생들만 학습하는 생물 과목에서 대단원으로 확대되어 다루어졌다. 생물 교과에서는 유전에서 유전자와 형질전환을 다루고, 이어 생물의 진화 단원에서 생명의 기원과 진화의 증거를 다루었다. 제4차 교육과정에서 유전 대단원에 속했던 집단유전의 개념은 제5차 교육과정에서는 생물의 진화 단원으로 이동하여 진화의 요인을 원인적 측면에서 다룰 수 있도록 하였다. 교육과정 변화에 따른 세부 내용 구성 변화는 <표 12>를 통해 확인할 수 있다.

표 12. 제4차~제5차 교육과정 내용요소

적용 대상	제4차 교육과정	제5차 교육과정
공통	<p><생물 I ></p> <p>3. 생식과 발생</p> <p>(1) 세포분열</p> <p>(2) 생식</p> <p>(3) 발생</p> <p>4. 유전과 진화</p> <p>(1) 유전</p> <p>(2) 생명의 기원</p> <p>(3) 생물의 진화</p>	<p><과학 I ></p> <p>4. 생명의 연속성</p> <p>(1) 세포 분열</p> <p>(2) 생식</p> <p>(3) 발생</p> <p>(4) 유전</p>
	<p><생물II></p> <p>4. 유 전</p> <p>(1) 유전자의 본질</p> <p>(2) 형질 발현과 그 조절</p> <p>(3) 집단유전</p>	<p><생물></p> <p>3. 유 전</p> <p>(1) 유전자의 본질</p> <p>(2) 형질 발현</p> <p>(3) 유전학의 이용</p> <p>4. 생물의 진화</p> <p>(1) 생명의 기원</p> <p>(2) 진화의 증거</p>

이상의 내용으로 볼 때 제4차 교육과정은 우리나라 과학과 교육과정에 분자생물학이 처음으로 도입된 시기였으며, 제5차 교육과정은 종래의 생물 교과에서 다루어져 왔던 ‘생명의 연속성’의 범위에서 진화가 단독 단원으로 처음 분리된 시기로 볼 수 있다. 또한 제4차와 제5차 교육과정 모두 생물을 선택한 자연계 학생들은 고등학교 과정 내에서 세포분열-생식-발생-유전-유전자와 형질발현-진화를 연속적으로 학습할 수 있었다.

1.3 선택과목의 분화와 사람 중심의 내용 구성: 제6차~2007 개정 교육과정

제6차 교육과정은 과학교육의 강화를 주요 목표로 하고, 제5차 교육과정에 비해 과학·기술·사회의 관련을 교과 소재로 도입하여 STS교육을 강화하고자 하였다. 고등학교의 경우 과정이나 계열에 상관없이 모든 학생이 지정된 공통 필수 과목을 이수하도록 하였으며, 이후 과정에 따라 선택과목을 이수하도록 하였다. 과학과 교과로는 공통 필수 과목인 공통과학이 신설되었으며, 물리, 화학, 생물, 지구과학 I·II가 모두 선택과목이 되었다. 이에 따라 학생들은 공통과학을 이수한 후 I 과목 중 한 가지와 II 과목 중 한 가지를 선택하여 이수하고, 이후에는 나머지 과목 중에서 8단위를 선택하여 이수하도록 하였다. 이것은 학생들의 학습 부담을 줄이기 위함이었으나 시행 후에는 교과 내용 구성의 문제가 지적되었다.

공통과학은 한 교과 내에서 물리, 화학, 생물, 지구과학을 모두 다루어야 했으므로, 생물은 ‘생명’이라는 주제 아래 영양과 건강, 자극과 반응, 생식과 유전이 함께 다루어졌다. 이는 과학의 네 영역을 한 권에 담아 공통과학이라는 형식적인 통합과목을 만들어 한정된 시수 안에 내용을 담다보니 내용 간 연계를 고려하지 못하고 다양한 영역의 분절적인 지식들을 엮어 구성한 결과로 보인다. 생명의 연속성 관련 내용요소는 생식-유전만이 다루어졌으며, 사람 위주로 다루도록 하였다.

선택 과목인 생물 I 은 인간 생활을 중심으로 기본적이고 쉬운 내용으로 구성하도록 하여 기존 단원을 통합하고, 난이도가 높은 내용은 생물 II로 이동시켜 내용이 축소되었으며, 이에 따라 생명의 연속성 관련 내용요소들도 ‘인체의 이해’라는 단원 내에서 ‘생명의 연속성’과 ‘진화’라는 소단원으로 각각 다루게 되었다. 제4차 교육과정과 마찬가지로 생명의 연속성과 진화가 분리되었으며, ‘생명의 연속성’ 내에는 공통과학과 마찬가지로

가지로 생식-유전만이 사람을 중심으로 다루어졌다. 반면 생물Ⅱ에서는 ‘생명의 연속성’을 대단원으로 하여 세포분열-수정과 발생-유전법칙-유전자와 형질발현-유전학의 응용-생명의 기원-진화를 다루어 생명의 연속성에 대한 연계가 우리나라 교육과정 중에서 가장 잘 반영되었다.

제7차 교육과정은 1997년 고시되어 2000년 3월 초등학교 1, 2학년을 시작으로 순차 적용되었다. 21세기를 대비한 세계화 및 정보화 시대를 주도하는 신교육 체제의 비전하에 1학년부터 10학년까지를 국민공통기본 교육과정으로 운영하고, 11학년과 12학년은 학생 선택중심 교육과정으로 운영하여 고등학교 2~3학년에 해당하는 11학년과 12학년에는 과정이나 계열의 구분 없이 학생이 희망하는 과목을 선택하여 이수할 수 있도록 하였다. 그러나 교과 내용 구성에는 생물Ⅰ과 생물Ⅱ에 위계를 두어 생물Ⅰ에서는 인간을 중심으로 한 생명 현상을 다루도록 하였고, 생물Ⅱ에서는 생물 관련 전공과목을 이수하기 위한 기초지식과 탐구 방법을 익힐 수 있는 내용으로 하여 대상을 인간에서 다양한 생물로 확대하였다.

제7차 교육과정에서의 생명의 연속성 관련 내용은 10학년 과학의 ‘생식’ 단원에서 사람의 생식만이 다루어지고, 선택과목인 생물Ⅰ에서는 생식과 발생-유전을 연속적으로 다루었으나 역시 사람을 위주로 구성되었다. 진화 부분은 생물Ⅰ에서도 삭제되어 생물Ⅱ에서만 다루어지게 되었다. 생물Ⅱ의 ‘생명의 연속성’ 단원에서는 세포분열 및 연관과 교차를 포함하는 ‘염색체’-‘유전자와 형질발현’-‘생물의 진화’로 구성되어 생물의 연속성을 선별 및 분리하여 제시하였다.

2007 개정 교육과정에서는 교과 명칭이 ‘생물’에서 ‘생명과학’으로 변경되었다. 따라서 기존의 생물Ⅰ, 생물Ⅱ는 생명과학Ⅰ과 생명과학Ⅱ로 각각 변경되었다. 2007 개정 교육과정 역시 1학년부터 10학년까지를 국민공통기본 교육과정으로 운영하도록 하였지만, 제7차 교육과정과는 달리 생명의 연속성 관련 내용으로 유전과 진화를 다시 10학년 공통과정 과학교과로 들여왔다. 그리하여 모든 학생들이 유전과 진화의 기초를 10학년에서 배우고, 이후 생명과학Ⅰ 또는 생명과학Ⅱ의 선택 여부에 따라

생명의 연속성 관련 다른 내용들을 배울 수 있도록 하였다.

2007 개정 교육과정의 생명과학 I에서는 ‘생명의 연속성’ 단원 안에서 세포분열과 사람의 유전을 다루고, 이어서 사람의 생식을 다루게 하여 제6차 교육과정부터 이어 온 사람 위주의 내용 구성이 유지되었다. 생명과학Ⅱ에서는 유전자 형질발현-생명 공학-생명의 기원-진화로 연속 구성하여, 생명의 연속성 부분이 과학, 생명과학I 및 생명과학Ⅱ에 나누어져 들어가도록 한 것을 볼 수 있다. 공통 과정에 유전과 진화가 포함되긴 하였으나 여전히 사람 위주로만 구성이 되어 생명의 연속성의 통합적 이해를 위한 지식 체계의 구성에는 부족함이 있었다. 특히 제6차 교육과정부터 이어 온 생식과 발생 영역의 축소가 더욱 심화되었다. 교육과정 변화에 따른 세부 내용 구성 변화는 <표 13>을 통해 확인할 수 있다.

이상의 내용으로 보아 제6차 교육과정부터 2007 개정 교육과정에 이르는 시기에는 고등학교 1학년에서 교양 과목 성격의 ‘과학’교과가 운영되었으며, 나머지 생물 또는 생명과학 교과들은 모두 선택 과목으로 운영된 것을 알 수 있다. 10학년의 ‘과학’은 한 교과 내에서 모든 학생들이 공통적으로 배워야 할 과학 내용이 무엇인가에 중점을 두어 내용을 구성하다보니 생명 영역에서는 생물학 세부 영역마다 사람을 중심으로 한 쉬운 내용을 추출하여 배치하였으며, 나머지는 선택과목인 생물 또는 생명과학I과 Ⅱ에 나누어 분절적으로 배치한 것으로 보인다. 이로 인해 전반적으로 내용의 축소가 일어났으며, 생명의 연속성의 주요 내용들이 사람 중심의 내용으로 구성됨에 따라 핵심 개념들이 유기적으로 연결되지 못하였다. 또한 선택과목 형태로 운영됨으로 인해 생명의 연속성 관련 내용요소들의 연계성이 이전 교육과정에 비해 약화되었다.

표 13. 제6차~2007 개정 교육과정 내용요소

적용 대상	제6차 교육과정	제7차 교육과정	2007 개정 교육과정
공통	<공통과학> 5. 생명 (1) 생식 (2) 유전	<과학> 3. 생식 (1) 사람의 생식기관 (2) 생식세포의 형성 (3) 사람의 생식주기와 발생	<과학> 4. 유전과 진화 (1) 유전자와 염색체 (2) 유전의 기본원리 (3) 사람의 유전 (4) 진화
	<생물 I> 2. 인체의 이해 (1) 생명의 연속성 (2) 진화	<생물 I> 7. 생식과 발생 (1) 생식 (2) 사람의 발생 8. 유전 (1) 염색체와 유전자 (2) 사람의 유전형질과 염색체 이상	<생명과학 I> 2. 생명의 연속성 (1) 유전 형질의 전달 (2) 생명의 탄생
선택	<생물II> 4. 생명의 연속성 (1) 세포 분열 (2) 수정과 발생 (3) 유전의 법칙 (4) 유전자와 형질 발현 (5) 생명의 기원과 진화	<생물II> 3. 생명의 연속성 (1) 염색체 (2) 유전자와 형질 발현 (3) 생물의 진화	<생명과학II> 2. 유전자와 생명 공학 (1) 유전자와 형질 발현 (2) 생명 공학 3. 생물의 진화 (1) 생명의 기원과 다양성 (2) 진화의 원리

1.4 생명의 연속성 관련 내용요소들의 통합적 구성 시도 : 2009 개정~2015 개정 교육과정

2007 개정 교육과정은 고등학교 과정이 현장에 적용되기도 전에 또한 차례의 교육과정 개정 작업이 수행되어 2007 개정 고등학교 교육과정은 시행되지 못한 채 바로 2009 개정 교육과정이 시행되었다. 2016년 현재 시행 중인 2009 개정 교육과정에서는 학년군 체제가 도입되어 기존의

국민공통 교육과정이 1학년부터 9학년까지로 하향 조정되고, 고등학교 과정의 과학교과는 모두 선택과목으로 확대 운영되고 있다. 즉 모든 학생들이 공통 필수로 이수해야하는 과학 교과목의 운영은 중학교 1~3학년군에서 끝나고, 고등학교 과정에서는 학생들의 다양한 요구를 반영할 수 있는 교육과정의 자율화가 실현되도록 하였다. 2009 개정과 2015 개정 교육과정 변화에 따른 세부 내용 구성 변화는 <표 14>와 같다.

표 14. 2009 개정~2015 개정 교육과정 내용요소

적용 대상	2009 개정 교육과정	2015 개정 교육과정
공통	-	<통합과학> 1. 물질과 규칙성 (2) 자연의 구성 물질 2. 시스템과 상호 작용 (3) 생명 시스템 3. 변화와 다양성 (2) 생물다양성과 유지 4. 환경과 에너지 (1) 생태계와 환경
		<과학> 3. 생명의 진화 (1) 생명의 탄생 (2) 생명의 진화 (3) 생명의 연속성
선택	<생명과학 I > 2. 세포와 생명의 연속성 (1) 세포와 세포분열 (2) 유전	<생명과학 I > 1. 생명과학과 인간의 생활 (1) 생명과학의 특성과 발달과정 4. 생명의 연속성 (1) 생식 (2) 유전 (3) 진화와 다양성 5. 환경과 생태계 (1) 생태계와 상호 작용
	<생명과학 II > 2. 유전자와 생명 공학 (1) 유전자와 형질 발현 (2) 생명 공학 3. 생물의 진화 (1) 생명의 기원과 다양성 (2) 진화의 원리	<생명과학 II > 2. 생물의 구조와 에너지 (1) 생명의 화학적 기초 (2) 생명의 구성단위 3. 생명의 연속성 (1) 생식 (2) 유전 (3) 진화와 다양성

2009 개정 교육과정에서 신설된 선택과목인 고등학교 ‘과학’은 융합형 과학이라는 별칭답게 진화를 대주제로 과학의 네 영역을 통합적으로 다루고자 시도하였다. 그러나 과학의 여러 내용요소 중 우주 및 지구 환경의 진화에 많은 초점을 두면서 생명의 연속성은 일부만 다루어 생명의 진화를 큰 틀에서 이해하는데 한계를 보여주었다. 세부적으로는 ‘생명의 진화’ 단원에서 생명의 탄생과 진화, 연속성이라는 소단원에서 생명의 기원-염색체-유전자-진화가 이어지도록 다루었다. 생명과학 I에서는 ‘세포와 생명의 연속성’ 단원에서 세포분열-유전을 연속적으로 다루고, 생명과학 II에서는 유전자와 형질 발현-생물의 진화를 다루어 2007 개정 교육과정에서 나타났던 생명의 연속성 관련 내용요소를 과학과 과목에 나누어서 배치하고자 한 시도가 동일하게 나타난다.

2015 개정 교육과정은 2015년 9월 고시되었으며, 고등학교에는 2018년부터 2020년에 걸쳐 학년별로 순차 적용이 예정되어 있다. 2009 개정 교육과정과 마찬가지로 고등학교는 모두 선택 중심 교육과정으로 운영하도록 하였으나 선택 중심 교육과정을 다시 공통 과목과 일반·진로 선택 과목으로 구분하여 ‘통합과학’과 ‘과학탐구실험’ 교과를 공통 과목으로 배치하였다. 통합과학은 기존의 ‘과학’ 과목이 실질적인 통합을 담지 못했다는 한계를 보완하기 위해 기존 교육과정들의 과학과 구성 영역을 통합함 또는 융합하여 물질과 규칙성, 시스템과 상호 작용, 변화와 다양성, 환경과 에너지 영역으로 재구성하였다. 이를 통해 주변의 자연 현상과 현대 사회의 문제에 대한 통합적 이해를 추구하고, 이를 기반으로 미래 사회에 필요한 과학적 소양을 함양하는 것을 목표로 하고 있다. 생명과학 I은 인간을 중심으로 생명 현상과 생물의 특징에 대한 이해를 바탕으로 개인과 사회의 문제를 창의적으로 해결하기 위한 과학적 소양을 기르는 것을 목표로 하고 있다. 생명과학 II는 생명과학 핵심 개념의 이해를 바탕으로 학문적 호기심과 흥미를 높이고, 관련 전공으로 진학하는 데 필요한 기초 소양을 함양하는 것을 목표로 하고 있으며, 통합과학과 생명과학 I에 포함된 생명과학 개념들과 긴밀한 연계를 가지고 구성되도록

하고 있다.

생명의 연속성 관련 내용으로 통합과학에서는 연속성을 위한 생명체의 구조적 특징과 속성을 이해할 수 있게 하고, 지구상의 모든 생명체가 동일한 유전 암호를 사용함으로써 생명의 연속성을 유지해 왔음을 다룬다. 또한 생물이 환경에 적응하고 진화하여 생물 다양성을 이루게 되었음을 다루어 세포-유전-진화의 연계를 이루는 것으로 보인다. 생명과학 I에서는 생명의 연속성의 통합성 및 이를 탐구하는 방법적인 측면에 대한 이해를 제공하며, 생식 세포 형성 과정에서 유전적 다양성이 만들어지고 발현된 유전 정보가 형질로 나타나고 자손에게 전달되어 궁극적으로 생물의 진화를 통한 생물다양성으로 이어짐을 다룸으로써 생명의 연속성의 핵심원리를 가장 직접적으로 다루고 있다. 생명과학Ⅱ는 핵산과 효소-세포와 세포 소기관-생물의 발생과 유전자 발현 조절-진화를 다루어 생명의 연속성의 통합적 이해에 기여한다.

이상으로 보아 2009 개정과 2015 개정 교육과정에서는 이전의 제6차부터 2007 개정 교육과정과 비교하여 교과 내용요소를 통합적으로 구성하기 위해 노력해왔음을 알 수 있다. 그러나 이전 교육과정들의 내용 축소가 2009 개정 교육과정에서는 더욱 심화되고, 고등학교 과학과에서 공통 과목이 사라짐으로 인해 내용요소 간 연계성이 매우 부족한 것으로 나타났다. 새로 고시된 2015 개정 교육과정의 경우 통합적 내용 구성으로 인해 이러한 문제점을 보완하고자 한 것으로 보인다.

이상을 종합해볼 때 제1차부터 제5차 교육과정까지는 생식과 발생, 유전, 진화를 생명의 연속성에서 다루었다는 것을 알 수 있다. 이러한 장기간의 교육과정에서 나타난 생명의 연속성 관련 내용 구성은 생명과학의 통합적 특성에 대한 이해를 바탕으로 하고 있다는 점에서 이후의 교육과정과 대비된다. 특히 제1차 교육과정부터 제4차 교육과정까지는 생식과 발생-유전-진화 체계가 공통 필수 과정에 유지되어 왔으며, 제5차 교육과정에서는 이 중 진화만 이과 선택 생물과목으로 이동하였다. 즉 제5차 교육과정까지는 ‘생명의 연속성’이 갖는 연계성을 살려 학습을 할

수 있도록 내용 구성이 이루어져 왔다. 하지만 제6차 교육과정부터는 교양적 성격의 과학과 선택과목의 확대 운영으로 이러한 생물학의 기본적인 흐름이 살려지지 못하고 총론이나 시수 혹은 내용 배분 등의 영향으로 내용이 분리됨으로써 생명의 연속성에 대한 내용적 연계학습이 형식 교육 내에서 만으로는 제대로 이루어질 수 없었다. 특히 2009 개정 교육과정에서는 발생을 별도 소단원에서 제외해버리고 분류나 진화 영역에서 필요할 때 단편적인 지식만을 도입하여 발생 및 분류, 그리고 진화의 각 영역이 더욱 이해하기 어려운 분야가 되었으며, 맥락이 부족한 분절적 내용 제시로 오히려 학생들의 학습 부담이 가중되는 결과를 초래하였다. 또한 현대 생물학의 통합적 영역으로 생명의 연속성에서 중요하게 부상한 유전발생학과 진화발생생물학 등 빠르게 발전하고 있는 새로운 시각을 담아내지 못하고 과거의 교육과정을 되풀이하거나 단지 교과별로 분배만 달리하는 구성을 나타내고 있었다.

2015 개정 교육과정에서는 이전 교육과정의 부족한 통합적 측면을 개선하기 위해 통합과학을 신설하고, 과학 개념들을 유기적으로 연계하고자 하였으며, 생명과학 I·II에서도 이러한 흐름을 유지하고자 한 것으로 보인다. 2015 개정 교육과정은 아직 현장 적용이 이루어지지 않았으나 과거 통합교과들이 운영상의 이유로 실질적으로는 분절적으로 운영되었음을 고려할 때, 이에 대한 보완책을 미리 준비하여야 할 것으로 생각된다. 최근의 교육과정에서 교과 내용의 통합적 구성을 위한 노력이 있었으므로, 이와 연계할 수 있는 과학관 전시 콘텐츠를 개발한다면 과학관의 활용도 높이고 생명의 연속성의 통합적 속성에 대한 이해를 높이는 데 기여할 수 있을 것이다.

2. 교육과정 내의 생명의 연속성 주요 개념 범주화

본 연구에서는 생명의 연속성을 통합적으로 이해하기 위한 교육 실행의 방안으로 학교 교육과정과 연계한 과학관 전시 콘텐츠를 개발하고자 하였다. 그러나 교육과정 분석 결과에 따르면 우리나라 과학과 교육과정에서 다루어지고 있는 교과 내용요소만으로는 생명의 연속성 본래의 연계 및 통합성이 부족한 것으로 나타났다. 그러므로 교육과정과 연계하면서 생명의 연속성의 통합적 이해를 돕기 위한 전시 콘텐츠를 만들기 위해서는 이를 보완하기 위하여 교육과정 내용요소들 간의 충분한 상호관련성을 제공해 줄 수 있는 생물학의 학문적 내용 지식을 도입하는 것이 필요하다. 이를 위해 생명의 연속성 관련 내용요소 중에서도 현재까지 교육과정에서 중점적으로 다루어져 온 핵심 내용요소는 무엇인지 파악하고, 통합성을 강화하기 위해 추가하여야 하는 관련 내용요소들은 어떤 것이 있는지 살펴보려고 하였다.

우선 교육과정에서 다루고 있는 생명의 연속성 관련 내용요소들을 범주화하기 위하여 제1차부터 2015개정 교육과정의 고등학교 과학, 생물, 생물 I·II, 생명과학 I·II 교과에 등장한 생명의 연속성 관련 모든 내용요소들을 추출하여 워드 클라우드로 시각화하였다. 분석 대상인 내용요소들은 총 242개였으며, 분석 결과는 <그림 10>과 같다.

교육과정 기반 생명의 연속성 주요 내용요소에 관한 워드 클라우드 결과를 보면 가장 큰 글씨로 표현된 핵심 요소들을 선별할 수 있다. 가장 빈도가 높은 것부터 상위 10개의 내용요소들을 정리하면, 진화(5.8%), 기원(5.4%), 유전(4.1%), 발생(4.1%), 유전자(4.1%), 생식(3.3%), 형질발현(3.3%), 증거(2.1%), 세포분열(2.9%), 염색체(2.5%)를 추출할 수 있다. 기원과 증거는 각각 생명의 기원과 진화의 증거를 의미한다.

분석 결과로 선정한 생명의 연속성 내용요소의 다섯 가지 범주인 세포분열, 생식과 발생, 유전, 형질발현, 진화는 생명의 연속성 관련 내용 중에서도 교육과정에서 지속적으로 다루어져 온 핵심 내용에 해당하므로, 생명의 연속성의 통합성에 관한 이해를 높이기 위해서는 이러한 핵심 내용들과 상호 관련되면서 이 범주들의 연계성을 향상시킬 수 있는 생물학적 내용근거의 보완이 필요하다. 따라서 이 다섯 가지 핵심 내용 요소는 다음 소절에서 내용요소 통합성 강화를 위한 생물학적 내용 보완의 기본 틀로 이용될 것이며, 본 절에서 보완된 결과물은 다음 절에서 전시 콘텐츠 개발을 위한 스토리라인 구성의 토대가 된다.

3. 교육과정 통합성 보완을 위한 생물학 내용 분석

본 절에서는 생명의 연속성 내용요소들 간의 통합성 강화를 위해서는 추가 및 보완되어야 하는 생물학적 내용요소들을 분석하고자 하였다. 이를 위해 앞에서 우리나라 과학과 교육과정에 포함된 생명의 연속성 관련 핵심 개념들을 범주화하였으며, 본 소절에서는 범주화 한 내용요소들 간의 연계를 제공해 줄 수 있는 생물학적 내용들을 관련 학술 논문과 전공서적을 이용하여 찾아내고자 하였다.

3.1 ‘세포분열-생식과 발생-유전’ 관련 내용의 연계

우리나라 교육과정에서는 중학교에서 세포와 염색체, 유전과 진화의 기본 원리를 배운 뒤 고등학교 생명과학 I 에서 체세포분열과 감수분열을 상세하게 다루도록 구성되어 있다. 그러나 이러한 반복 학습에도 불구하고 감수분열은 학생들이 가장 많은 오개념을 가지고 있는 내용으로 연구되어 왔으며, 이러한 오개념은 대학교에서 일반생물학을 수강한 후에도

잘 교정되지 않음이 선행연구에서 지적된 바 있다(황수연, 이진성, 2000).

유성생식을 하는 생명체는 생식 과정에서 일어나는 감수분열을 통해 염색체가 반으로 줄어든 생식세포를 만든다. 생명체는 고유한 염색체 수를 가지고 있기 때문에 부모와 같은 수의 염색체를 갖기 위해서는 감수분열 과정이 필수적이다. 정자와 난자의 수정을 통해 유전물질이 자식에게 전달되어 표현형이 나타난다. 감수분열 및 유전자의 재조합에 의한 다양성은 전달유전학(transmission genetics)의 중요한 부분을 차지하는데 이러한 현상은 생식과정에서 일어나기 때문에 결국 감수분열과 생식, 유전은 매우 밀접한 관계에서 필연적인 연계성을 갖는다.

생식세포의 유전적 다양성은 크게 두 가지 방법을 통해 확보된다. 첫째는 염색체 재배열을 통한 다양한 조합의 반수체(n) 생식세포 형성이고, 둘째는 상동염색체간의 교차이다. 염색체 상에 유전자가 멀리 있으면 재조합 빈도가 높지만 가까이 있으면 재조합이 잘 일어나지 않으며, 이와 같은 현상을 이용하여 유전자간의 거리를 나타내는 유전자지도를 작성할 수 있다.

따라서 생식세포 형성이 어떻게 이루어지는가를 메커니즘적인 측면에서 이해하기 위해서는 생식과 유전자 재조합 과정을 연계하는 것이 필요하다. 기존의 교육과정에서는 유전 영역에서 유전자 재조합을 따로 다루어 실제 이것이 일어나는 기작을 이해하기 어려운 상황에 놓여 있었다. 염색체 재조합을 언급하기 위해서는 유전자가 연관(linkage)되어 있다는 것을 선행학습으로부터 이해하는 것이 필요하다.

교육과정에서는 유전의 기본 과정에서 멘델의 연구를 기초로 한 전달 유전 개념을 다루고 있지만, 이것을 분자수준과 연계하여 이해하는 과정은 아직까지 교육과정에서 다루어지지 않고 있다. 우성과 열성 등 유전의 개념을 분자수준에서 이해하는 것은 고전적인 전달유전 개념과 분자수준의 유전 개념을 통합적으로 이해해야 하는 것이어서 논리적 사고나 비판적 사고, 반성적 사고 등 높은 수준의 사고를 통한 개념의 통합적 이해를 가능하게 할 수 있다(동효관 등, 2002).

따라서 생식과 발생-세포분열-유전은 생명의 연속성 내에서 연계될 수 있으며, 연계 및 통합을 강화하기 위해서는 <그림 11>과 같이 각 범주 사이의 내용적 연계점을 제공할 수 있는 개념들의 보완이 필요하다.

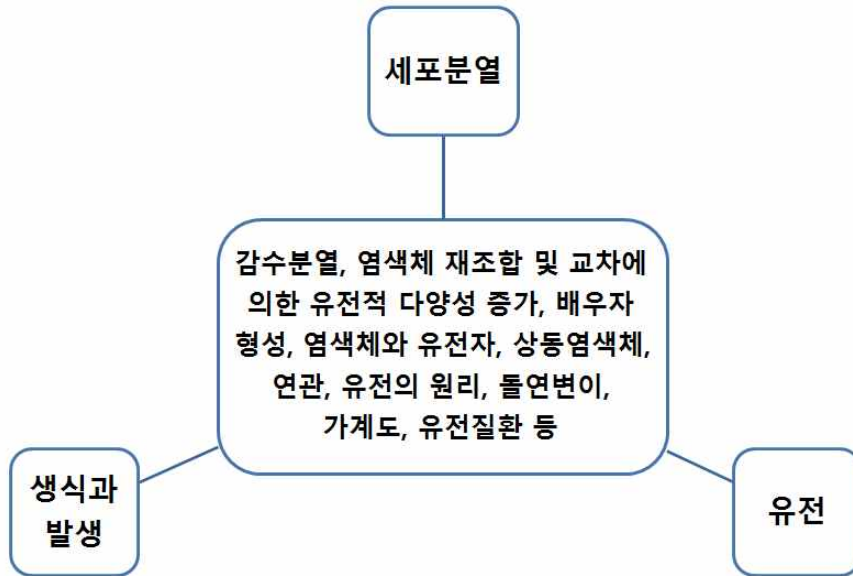


그림 11. 세포분열-생식과 발생-유전 연계

3.2 ‘세포분열-생식과 발생-형질발현-유전’ 관련 내용의 연계

유전 단원을 학습하는 과정에 있어서 오개념이 생기기 쉽고 학습하기 어려운 이유는 유전자의 역할에 대한 이해 부족과 유전 현상을 설명하는데 있어서 개체수준의 유전현상의 전달과 분자수준의 유전자의 형질발현 과정이 교육과정 상에서 통합적으로 이루어져 있지 않기 때문이다. 학생

들은 유전자의 정의를 중학교 과정에서 전달유전학의 관점에서 배우지만, 몇 년이 지난 후 고등학교 생명과학Ⅱ에서는 분자유전학적 내용 이해에 필요한 유전자 개념에 대한 설명이 없이 형질발현에 대한 새로운 개념들을 접하게 되어 학습에 어려움을 겪는다(안주현, 전상학, 2015).

유전은 모든 생명 현상의 발현과 조절에 관한 정보를 담고 있는 유전자의 분자적 수준의 구조부터 그 유전자가 실제 우리가 눈으로 볼 수 있는 형질로 발현되는 과정까지의 모든 내용을 담고 있다. 일반적으로 부모로부터 받은 유전자가 야생형(WT)이라면 야생형 형질이 나타나며, 돌연변이 유전자를 받으면 돌연변이 표현형이 나타난다. 이러한 유전형질은 정자와 난자가 수정한 후 형성된 수정란으로부터 성체로의 발생 과정을 거쳐 최종적으로 나타난다. 수정란은 난할, 낭배형성과정, 기관형성과정을 거쳐 성체가 되며, 이 과정에서 세포분화를 통해 다양한 종류의 세포를 만들어낸다(Gilbert, 2014).

2009 개정 교육과정 이전에는 세포분화에 관여하는 유전자를 소개하지 않았기 때문에 세포분화와 유전 영역을 연계시키기 어려웠으나 2009 개정 교육과정에서는 구체적인 유전자를 언급함으로써 유전자 개념을 다룬 후에 세포분화를 설명하는 것이 가능하게 되었다. 특히 유전자의 발현과 발현 조절을 다룬 생명과학Ⅱ 교과서에서는 구체적인 유전자들이 예시로 등장하였다. 교과서에 따라 알부민 유전자와 크리스탈린 유전자의 발현 조절 양상과 모근 세포와 적혈구에서 일어나는 케라틴 유전자와 헤모글로빈 유전자의 발현 조절에 대한 설명을 통해 조직에 따른 유전자의 차별적 발현 조절을 이해하도록 설명하고 있으며, 이러한 발현 조절의 상위 유전자로 핵심 조절 유전자를 설명하였다. 또한 생물의 기관 형성 과정에서 일어나는 유전자 발현 조절을 설명하기 위한 예로는 초파리의 *Ey*(Eyeless)와 *Antp*(Antennapedia) 및 *Ubx*(Ultrabithorax)를 제시하였으며, GFP(Green Fluorescent Protein)와 알비노(Albino) 유전자로 인한 표현형을 소개하기도 하였다(박희송 등, 2012; 심규철 등, 2012; 이준규 등, 2012). 이상의 내용을 종합하면, 교과서 내용의 재구성을 통해 유전과 발

생, 그리고 형질발현이 자연스럽게 연계될 수 있다는 것을 알 수 있다.

세포분열과 발생은 체세포분열을 통해서도 연계된다. 체세포분열은 평소 우리의 피부 안쪽이나 위벽 등에서도 일어나지만, 체세포분열은 발생 과정에서 가장 왕성하게 일어난다. 발생 초기의 체세포분열은 세포의 성장 없이 난할이라는 특수한 형태로 일어난다. 이는 간기의 G1 및 G2 기 없이 핵분열과 DNA 복제를 반복하기 때문이다. 일반적으로 체세포분열의 핵분열은 양과뿌리의 생장점에서 관찰하지만, 세포질 분열은 난할이 일어날 때 쉽게 관찰할 수 있다(Reece *et al.*, 2011).

수정란이 발생을 거쳐 성체로 되는 과정인 생식과 발생은 궁극적으로 유전자의 작용으로 인해 이루어진다. 1980년을 전후로 발달된 유전학적 기술을 이용하여 체계적으로 초파리에 돌연변이를 일으켜 발생 관련 유전자를 대규모로 발견하는 연구가 수행되었으며, 이러한 유전자에 대한 분자유전학적인 연구를 통해 초파리의 초기 발생에 대한 유전자의 단계적인 작용이 밝혀졌다(Nusslein-Volhard & Wieschaus, 1980).

수정란으로부터 수많은 다양한 세포들이 만들어지지만 이들은 유전체 등가성을 가지고 있다. 유전체 등가성을 가짐에도 불구하고 각각 다른 세포로 분화하게 되는 것은 발생유전자가 시·공간적으로 다르게 발현되기 때문으로 설명할 수 있다. 시·공간적인 유전자발현을 결정하는 핵심 요소는 인핸서와 여기에 붙는 전사인자 때문인데, 이러한 내용 역시 고등학교 수준에서 다루어지고 있으므로, 생식과 발생-형질발현의 상호관련성을 제공하는 연계점으로서 생명의 연속성의 통합 학습에 이용할 수 있다.

이러한 세포분열-생식과 발생-유전-형질발현의 연계적인 관계를 <그림 11>에 반영해보면, 생명의 연속성 관련 내용요소들을 <그림 12>와 같이 추가 보완하여 연계학습에 이용할 수 있다.

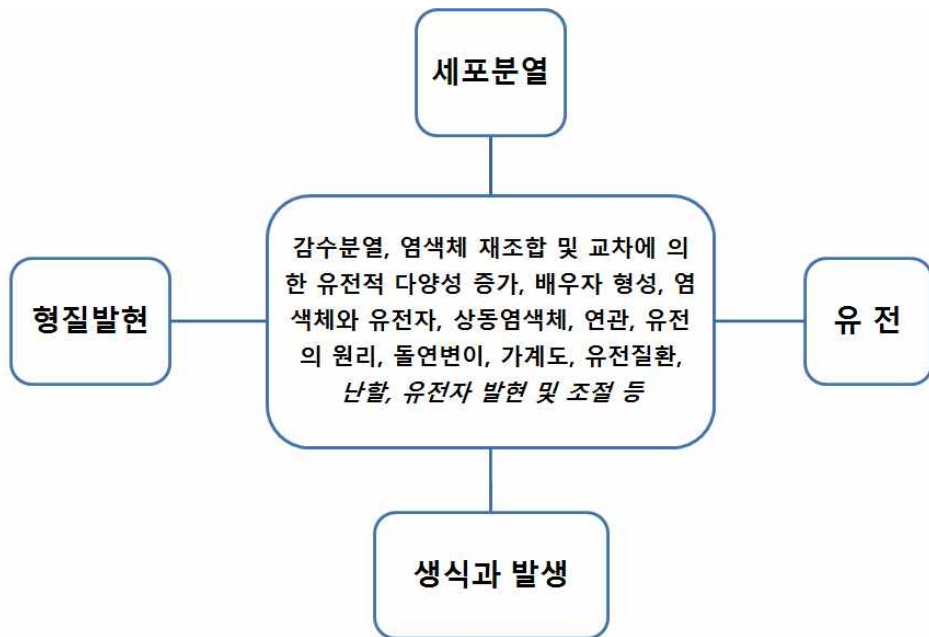


그림 12. 세포분열-생식과 발생-유전-형질발현 연계

즉 생명의 연속성을 이루는 주요 범주인 세포분열, 생식과 발생, 유전, 형질발현은 모두 연계가 가능하며, 생명의 연속성의 통합적 이해를 위한 내용을 구성할 때 연계점으로 이용할 수 있는 요소들의 보완이 필요하다. 특히 생식과 발생의 경우 현재의 교육과정에서 사람의 생식 위주로만 짧게 다루도록 하고 있어 교육과정 내용만으로는 연계가 잘 이루어지지 않고 격차가 심한 대표적인 단원이다. 따라서 세포분열-생식과 발생-유전-형질발현의 연계를 위해서는 발생 부분의 내용 보완이 반드시 필요하다. 또한 유전이 이전 세대에서 다음 세대로 형질의 전달이 어떻게 일어나는지를 설명하는 것뿐만 아니라 형질의 발현과정과 그 기작이 조절되는 과정까지 포함한다는 것에 대한 통합적인 학습이 이루어진다면 생물학에서 다루는 다른 모든 생명 현상의 발현과 관련된 정보는 유전자에 담겨져 있으며 그 정보가 어떤 과정을 통해 우리가 눈으로 관찰할 수 있는 현상으로 나타나는지에 대해 근본적이고 통합적으로 이해할 수 있을 것이다.

3.3 ‘세포분열-생식과 발생-형질발현-유전-진화’ 관련 내용의 연계

진화는 생명과학 전반을 흐르는 핵심적인 기반을 제공하며, 생명과학 영역에서 여러 단일 분야 및 개념을 연계시켜주는 통합적 역할을 한다. 생명의 연속성은 35억 년 전 최초의 생명체로부터 현재의 다양한 생물들에 이르기까지의 진화적 시간과 사건 속에서 생명정보를 공유하며 이어져 온 생명체와 생명현상의 특성이다. 따라서 생명의 연속성은 궁극적으로 생명의 진화를 기본 바탕으로 하여 생물학의 여러 영역들이 상호 관련되어 있는 체계로 설명할 수 있다. 하지만 기존 우리나라 교육과정의 진화 단원에서는 진화의 개념, 진화의 증거, 진화의 과정 등을 다른 단원들과 분절적으로 다루고 있어 진화가 갖는 통합적 의미를 제대로 반영하지 못하고 있다(박재근, 2013). 또한 진화의 증거로 제시한 사례에 대한 설명이 부족하여 논란의 대상이 되기도 하였으므로, 특정 단원에서만 진화를 다루는 것이 아니라 과학적 사실과 구체적 증거에 기반을 두어 생물학의 다른 주제들과 통합적으로 제시하는 것이 필요하다.

오래전부터 생물학자들은 종들 사이의 형태적인 차이가 유전체 차이에서 기인한다는 것을 알고 있었으며, 생명과학 기술의 발달을 통해 유연관계가 먼 생물이라도 염기서열이 보존된 비슷한 발생유전자를 가지고 있다는 것을 발견하였다. 생물학에서는 이와 같이 진화와 발생을 연계하는 연구가 발달하게 되었으며 이것은 진화발생생물학 또는 이보디보(EvoDevo)라는 새로운 학문의 발전을 가져왔다. 이보디보의 원리는 다음과 같이 네 가지로 정리할 수 있다(Sadava *et al.*, 2012). 첫째, 생물은 서로 유연관계가 멀지만 형태형성에 있어 비슷한 분자적 기작을 가진다. 둘째, 유전자의 시·공간적인 발현의 변화는 새로운 체형과 구조의 진화에 중요하다. 셋째, 형태적인 변화는 급격하게 새로운 발생 기작의 도입으로부터 일어나기 보다는 기존의 발생유전자와 발생경로의 변형으로부터

터 일어난다는 것이다. 마지막으로 발생의 기작은 종종 환경 조건에 반응하도록 진화한다는 것이다. 즉 이보다보를 도입하면 발생과 유전, 형질 발현, 진화의 연계가 가능하게 된다.

생식과 발생과 유전, 진화를 통합적으로 설명할 수 있는 좋은 교육적 소재로 초파리를 들 수 있다. 눈을 형성하는 유전자인 *pax6*는 거의 모든 동물에서 발견되었으며, 초파리의 *eyeless*와 매우 유사하다. 초파리 돌연변이체에서는 눈이 없어지며, 포유류의 돌연변이체에서는 홍채가 없고, 망막이 퇴화하며 수정체가 불투명해지는 표현형이 나타난다(Wolpert, Tickle, 2007). 또한 *eyeless*를 초파리의 다리, 날개 등 눈 이외의 지역에서 발현시켜도 눈을 형성하는 것으로 보아 이 유전자는 눈 발생의 핵심 유전자로 생각된다. 또한 포유류 *pax6*를 초파리의 *eyeless* 돌연변이에 넣어주면 눈이 정상적으로 발생하며, *pax6*를 초파리의 다리나 날개 등에 발현시키면 *eyeless*처럼 눈을 형성한다(Weasner *et al.*, 2009). 이러한 결과를 통해 초파리와 사람이 5~6억 년 전에 공통 조상으로부터 분리되었음에도 불구하고, 눈을 형성하는 유전자는 진화상에서 사라지지 않고 구조 및 기능이 보존되어 왔다는 것을 알 수 있다. 이러한 예는 발생과 형질발현, 진화의 연계를 설명하는 데에 이용할 수 있다.

호메오 유전자 또한 발생과 유전 및 진화와의 관계를 설명하는 데 이용할 수 있는 좋은 예이다. 호메오 유전자 중 혹스 유전자(Hox genes) 계열은 대부분의 동물에서 발견되고 호메오박스라는 매우 보존된 염기서열을 가지고 있으며, 전-후 축에 따라 구조들이 어디에서 만들어져야 하는지에 대한 위치정보를 제공한다(Akam, 1989). 이러한 공통유전자는 공통조상의 존재를 유추할 수 있는 근거가 되어 발생, 유전과 진화를 연계하는 중요한 요소가 된다.

교육과정에도 등장하는 진화의 대표적인 사례인 다윈 핀치는 유전자 발현의 차이에 의한 진화의 또 다른 예이다. 핀치에 대한 분자유전 및 발생학적인 연구는 다윈 진화론에 대한 새로운 강력한 증거를 제공해 주었다. 다윈은 1835년에 갈라파고스 군도에서 동료들과 함께 15여 종의

핀치를 수집하고, 이들의 부리와 환경과의 관계를 분석해 진화론의 틀을 만들게 되었다. Abzhinov 등(2004)은 핀치 부리의 모양이 *Bmp4*의 발현 시기 및 양과 밀접한 상관관계가 있는 것을 발견하였으며, 이를 통해 그동안 교육과정에서 진화의 증거로만 국한하여 다루어져 온 핀치집단의 부리 변화 예시가 진화와 유전, 형질발현, 발생과의 연계를 제공해주는 사례로 확장하여 다루어질 수 있다.

위에서 살펴 본 발생과 유전 및 진화의 관계를 생명의 연속성 연계 모식도에 중합하여 재구성하면, <그림 13>과 같이 생명의 연속성 내용 요소들 간의 유기적 연계성을 나타낼 수 있다.

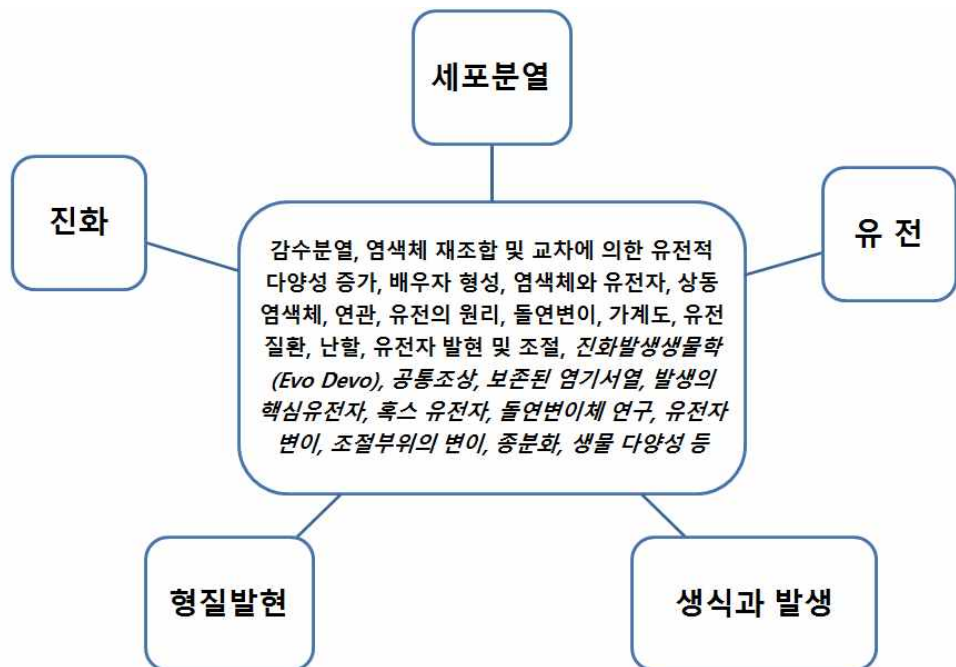


그림 13. 세포분열-생식과 발생-유전-형질발현-진화 연계

생명의 연속성에 포함되는 내용요소들은 큰 범위 안에서 서로 밀접한 관련성을 가지고 있으며, 본 연구에서 분석을 위해 범주화 한 5개의 범주 역시 포함 개념의 경계가 없이 생명의 연속성 내에서 유기적으로 통합될 수 있다. 그러나 교육과정에는 학교급에 따른 교과 편제와 시수, 난이도, 학습량 등의 원인으로 인해 이러한 내용들이 분리되어 다루어지고 있으며, 서로가 어떻게 연계될 수 있는지에 대한 설명이 부족하다.

따라서 본 연구에서는 생명의 연속성의 통합적 이해를 도울 수 있는 과학관 전시 콘텐츠를 개발하고자 하였으며, 이를 위해 교육과정에서 다루어져 온 내용들과 그렇지 않지만 통합성의 구현을 위해 다루어져야 하는 생물학적 내용요소들은 무엇인지에 대해 본 절에서 논의해 보았다.

지금까지 논의한 바대로 생명의 연속성은 세포와 세포분열, 생식과 발생, 유전, 형질발현, 진화에 이르기까지 생명과학 교육과정에 수록된 각 내용 영역들을 통합적으로 연계할 수 있는 중요한 주제이다. 세포는 생명체의 기본 단위이며, 세포분열의 과정을 통해 세포는 성장하고, 생식 세포를 형성한다. 생식과 발생은 생명정보가 자손으로 전달되는 유전의 시작점을 제공하며, 발생 과정 중에 일어나는 유전자 발현 조절의 다양한 과정을 통해 생명체의 구조를 형성할 수 있다. 유전적인 변이와 적응, 자연선택 등의 과정은 생물이 궁극적으로 생명의 연속성의 지속인 진화로 연계될 수 있도록 한다. 특히 진화는 진화가 갖는 시공간적 연속성이라는 속성 상 생명의 연속성을 다루는 내용요소를 이루는 하나의 범주이면서 동시에 생명의 연속성의 모든 내용요소들과 깊은 관련을 맺고, 내용요소들을 엮어줄 수 있는 기본 원리가 된다. 따라서 이러한 연계성의 생물학적 중요성과 내용요소 간의 상호관련성을 깊이 있게 고려하면, 교육과정 내용요소만으로는 확보하기 어려운 내용적 통합을 보완할 수 있을 것이며, 이렇게 보완된 내용을 이용하여 과학관 전시 콘텐츠를 개발한다면 생명의 연속성 내용의 통합적 이해는 물론 학교 교육과 과학관 교육의 연계학습이 효과적으로 수행되는데 기여할 수 있을 것이다.

제 2 절 생명의 연속성의 통합적 이해를 위한 교육과정 연계 과학관 전시 콘텐츠 개발

본 절에서는 생명의 연속성의 통합적 이해를 위한 방안으로 학교 교육과정과 과학관에서의 비형식 학습을 연계할 수 있는 전시 콘텐츠를 개발을 구체화하고자 하였다. 우선 전시 콘텐츠의 핵심인 전시 주제를 선정하고, 이전 절에서 분석하여 도출한 생명의 연속성의 통합성을 강화를 위한 내용들을 포함하여 과학관 전시 콘텐츠 개발을 위한 기본 내용을 구성하였다. 전시 주제와 내용을 확립한 후에는 연구 방법에서 제안하였던 과학전시 기획 프로세스에 따라 전시 기획 과정을 진행하였다.

1. 전시 주제 선정 및 내용 재구성

과학전시는 과학에 관한 핵심 주제에 대하여 여러 가지 콘텐츠를 기획 및 가공하여 과학관에 전시하는 것으로, 관람자와 전시물 사이의 커뮤니케이션을 구축하여 전시에 담긴 뜻의 전체 또는 부분을 관람자에게 전달하는 역할을 한다. 전시 내용을 구성할 때에는 과학 지식의 단순 나열이 아니라 과학을 다양한 방법으로 보여주어 관람자가 전시물과의 상호작용을 통해 과학을 탐구하고, 감각적이고 지각적인 경험을 할 수 있도록 해야 한다. 따라서 전시 콘텐츠를 개발하기 위해서는 이전 절에서 분석하고 도출한 생명의 연속성 관련 내용들을 전시 형태로 구성할 수 있도록 먼저 전시 주제를 선정하고 그에 따라 전시에 적합하게 내용을 재구성하는 과정이 필요하다. 이 과정을 모식도로 나타내면 <그림 14>와 같다.

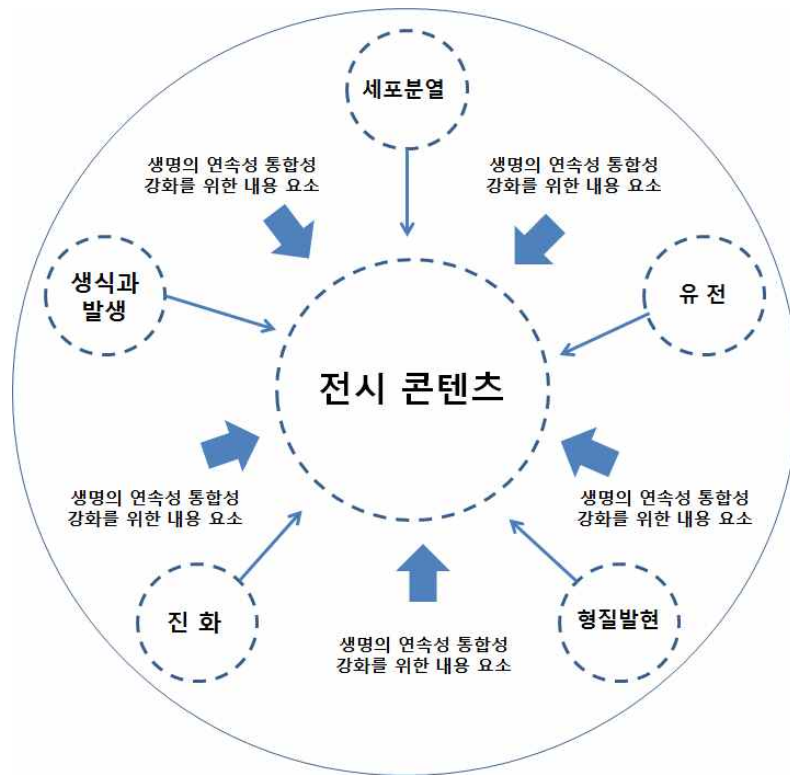


그림 14. 전시 콘텐츠 개발을 위한 내용요소 선정 방법

1.1 전시 주제 구체화 및 내러티브 구성

본 연구의 궁극적인 목적은 형식교육과 연계하여 생명의 연속성을 통합적으로 이해할 수 있도록 하는 과학관 전시 콘텐츠를 개발하는 것이므로, 전시 콘텐츠의 주제는 생명의 연속성으로 하였다. 생명의 연속성은 단순히 세포, 유전, 발생, 진화 등의 내용을 포함하는 교육과정 또는 교과서의 단위 수준이 아니라 실제 최초의 생명체로부터 현재의 다양한 생물들이 번성해올 수 있었던 생명의 역사를 담고 있는 핵심적인 원리이며, 이런 의미에서 생명과학의 핵심원리로 일컬어져오고 있는 생명의 진

화와 그 맥을 같이 한다. 따라서 생명의 연속성의 모든 내용요소에는 진화적인 속성이 들어있으며, 전시 내용을 구성할 때에도 이를 반영하여 전시를 통해 주제가 갖는 생물학적 중요성과 역사성, 역동성이 드러날 수 있도록 내용을 구성하고자 하였다. 앞서 살펴본 것처럼 진화는 생물학 개념들 간의 논리적 상호관련성을 제공해주며, 집단이 시간의 흐름과 생명의 연속성 속에서 역동적으로 변화해가는 것을 가능하게 해 주는 기본 원리이다. 또한 내러티브와 시간이라는 속성을 공유하므로 전체 전시 콘텐츠를 관통하는 핵심적인 뼈대로 생명의 진화를 선정하였다. 그리하여 <그림 15>와 같이 생명의 연속성을 다루는 생물학적 주요 내용요소들이 생물의 진화와의 상호관련성 속에서 통합적으로 구성되도록 하는 것을 전시 내용 선정의 기본 방향으로 설정하였다.



그림 15. 생명의 진화를 중심으로 한 생명의 연속성 전시 콘텐츠 내용 조직도

따라서 본 연구에서는 생명의 진화를 중심으로 하여 생명의 연속성이란 생명의 특성을 교육과정 내용요소와 생물학적 내용 근거를 바탕으로 구조화하여 전시 공간 내에서 체계적으로 보여줄 수 있는 전시 콘텐츠를 개발하였다.

관람자는 전시 공간 안에 펼쳐진 전시물들을 기획자의 의도 또는 관람자의 선택에 따라 순차적으로 관람하게 되며, 전시물의 구성과 관람순

서에 따라 전시 의도와 내용이 관람자에게 어떻게 전달되는지가 달라질 수 있으므로 시간적인 흐름과 그에 따른 전시의 구성과 배치가 매우 중요하다. 따라서 본 연구에서는 전시 콘텐츠가 내러티브 구조를 갖도록 구성하고자 하였으며, 이전 절에서의 연구 결과를 재구성하기 위해 연구 방법에서 제시한 Hill의 내러티브 피라미드를 응용하였다.

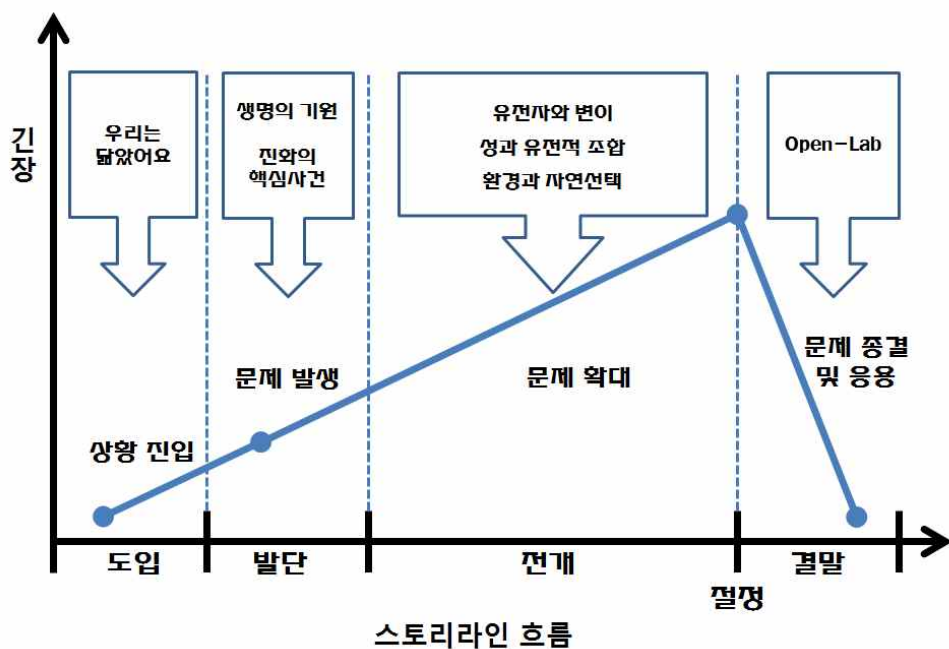


그림 16. 라이브진화센터 전시 스토리라인

내러티브의 구성은 <그림 16>과 같이 도입-발단-전개-절정-결말로 이어지며, 도입은 관람자가 전시공간에 입장하여 처음 전시물을 관람하게 되는 부분으로 설정하여 전시의 주제를 핵심적으로 보여줄 수 있는 것을 도입부 전시물로 배치하는 것으로 계획하였다. 도입부 전시물은 전체 전시에 대한 관람자의 호기심을 유발할 수 있으면서 본 전시에서 나타내고자하는 생명의 연속성의 특징을 나타낼 수 있는 핵심 메시지를 드

러낼 수 있어야 한다.

발단은 관람자가 본격적으로 전시 관람을 시작하는 부분이면서 생명의 연속성을 다루는 시작점이 되므로 지구 최초 생명체가 어떻게 등장하게 되었는지를 탐구하는 부분으로 구성하고자 하였다. 또한 굉장히 단순한 형태였던 최초의 생명체가 점차 복잡한 구조를 가지게 된 과정도 발단 부분에서 다루어서 이후의 전시물에서 생명의 연속성의 원리를 다루기 위한 바탕을 제공하는 부분으로 구성하고자 하였다. 따라서 발단 부분은 ‘생명의 기원’과 ‘진화의 핵심사건’이라는 중주제 제목을 선정하였다. 발단 부분은 생명의 연속성 5개의 범주 중에서도 특히 진화 및 세포 분열과 직접적인 관계가 있으며, 단순 세포였던 생명체가 복잡성을 띠게 되는 과정에서 나머지 세 범주로 확장하여 관련지을 수 있다.

전개는 생명의 연속성의 핵심 원리가 본격적으로 펼쳐지는 장으로 생명체의 유전 정보가 세대를 거쳐 전달되고, 그 과정에서 일어나는 다양한 생식세포의 형성, 유전적 변이, 환경과의 상호작용 등을 통해 현재 지구상에 다양한 생명체들이 존재하게 되었음을 보여주는 부분으로 구성하고자 하였다. 전개 부분의 중주제는 이것을 반영하여 핵심 개념을 잘 드러낼 수 있도록 ‘성과 유전적 조합’, ‘유전자와 변이’, ‘환경과 자연선택’으로 제목을 결정하였다. 전개 부분은 생명의 연속성의 모든 범주들이 관련되며, 각 범주들을 연계할 수 있는 내용들을 충분히 구현하여 관람자의 이해를 돕는 것이 필요하다. 따라서 전체 전시 중에서 가장 전시 내용이 많고, 비중이 높으며 전시물들이 많이 구현되어야 하는 단계이다. 관람자들은 이러한 전개 부분 관람을 모두 마치게 되면, 절정 단계에 이르게 된다.

결말은 내러티브에서 이야기가 마무리 되는 부분이자 이전의 내용들을 종합하여 응용할 수 있는 부분으로 구성하고자 하였다. 도입에서 절정까지의 부분이 전시물의 관람 활동이 주가 되는 공간이었다면, 결말부분은 관람자가 보다 주도적으로 참여할 수 있는 곳으로 구성하여 관람내용들과 관련되는 실험을 체험하고, 최신의 과학 소식이나 과학사적인 이

이야기들을 접하거나 전시 주제 관련한 궁금증을 남길 수 있는 ‘Open Lab’의 공간으로 운영할 수 있도록 구성하고자 하였다.

1.2 전시 소주제 선정

본 전시는 도입부를 시작으로 하여 생명의 기원과 현재의 다양한 생물들에까지 이르게 하는 생명의 연속성을 대주제로 하고 있으며, 앞 소절에서 이에 대한 7개의 중주제를 선정하였다. 각 중주제들의 내용을 잘 드러낼 수 있는 탐구 질문을 선정하여, 각 탐구 질문에 대한 답을 찾아가는 과정이 여러 개의 또 다른 하위 소주제를 이루도록 구성하여 탐구형 전시 콘텐츠가 되도록 하였다. 이를 위해 전시 스토리라인을 효과적으로 구현하기 위한 각 중주제별 탐구 질문을 설정하고, 그 질문에 대한 답을 찾아가는 코너로 전시 공간을 구조화하였다.

코너 구성은 중주제별로 소주제를 선정하여 각 전시물들이 소주제 내용요소를 정확하게 표현하도록 하였으며, 코너를 이루는 세부 전시물들의 스토리텔링은 연구방법에서 제시한 다양한 과학 전문 자료와 논문, 서적 등과 중등학교 교육과정을 토대로 하여 <표 16>과 같이 구체화하였다.

소주제 내용을 선정할 때에는 형식교육과 연계하는 ‘생명의 연속성’이라는 대주제 아래 중주제의 탐구질문에 대한 답을 찾아갈 수 있는 실마리를 제공하는 핵심적인 원리와 과학적 연구 및 사례 중에서 전시 연출매체를 통해 전시물로 구현해낼 수 있으면서 관람자가 흥미를 느낄 수 있는 요소를 가진 것을 기준으로 선정하였다. 또한 살아있는 현생생물을 전시의 주요 요소로 하여 다양한 연령층의 관람자가 친근감을 느낄 수 있도록 하며, 연구결과를 제시할 때에는 최근의 것을 이용하여 생명의 연속성이 ‘나(관람자)’와 밀접한 관계에 있으며, 진화 연구가 현재에도 역동적으로 이루어지고 있음을 나타내고자 하였다.

표 16. 전시 주제 구조화 및 소주제 선정

대주제	중주제	탐구 질문	소주제
(도입)	I. 우리의 공통점	우리는 왜 공통점을 가질까?	I-1 우리의 공통점
생명의 연속성	II. 생명의 기원	생명은 어떻게 시작되었을까?	II-1 생명의 기원을 찾아서 II-2 원시 대기로부터의 가능성 II-3 깊은 바닷속으로부터의 가능성
	III. 진화의 핵심사건	생명은 어떻게 복잡해졌을까?	III-1 광합성 세균과 지구 환경의 변화 III-2 원핵생물이 진핵생물로 III-3 단세포생물이 다세포생물로
	IV. 유전자와 변이	생명은 어떻게 이어져 온 것일까?	IV-1 DNA에서 생명으로 IV-2 작은 차이 큰 변화 IV-3 줄무늬와 피부색소 유전자 IV-4 돌연변이 초파리 IV-5 유전자에 담긴 공통조상의 증거 IV-6 가깝고도 먼 너와 나
	V. 성과 유전적 조합	성의 출현은 어떤 변화를 가져왔을까?	V-1 무성생식 V-2 유성생식 V-3 영자영차 집계발
	VI. 환경과 자연선택	생명은 자연선택을 통해 어떻게 진화해왔을까?	VI-1 다윈과 자연선택 VI-2 핀치의 발견: 우리는 모두 달라요 VI-3 핀치의 변화: 무슨 일이 있었을까? VI-4 핀치의 유전자 VI-5 자연이 되어 선택해 보세요. VI-6 특별하게 적응한 다양한 눈 VI-7 어떻게 보일까요? VI-8 연체동물의 다양한 눈
(on-air)	VII. Open Lab	오늘의 진화 뉴스는 무엇일까?	VII-1 시연대 VII-2 게시판

2. 교육과정 연계 과학관 전시 콘텐츠 기획

본 절에서는 앞 절에서 분석한 생명의 연속성 교육과정의 내용요소와 연계성을 기반으로 고등학교 과정에서 형식교육과 비형식교육의 통합교육을 실현하기 위한 과학관 전시 콘텐츠를 기획하였다. 과학관에서의 전시 기획은 일정한 전시 공간 내에서 전시기획자의 의도가 가장 효과적으로 전달될 수 있도록 전시물과 관람자, 전시의 시·공간적 요소들 사이를 종합적으로 기획하는 행위를 말한다.

본 연구에서는 전시 콘텐츠 개발을 위한 전시 기획의 과정을 전시 기획 배경, 전시 기획 방향, 전시 기획 목표, 전시 환경 분석, 전시 스토리라인 및 스토리텔링 구체화, 전시 세부 연출, 전시 평가의 단계로 진행하였다. 이 중 마지막 과정인 개발한 전시 콘텐츠를 대상으로 한 전시 평가 단계 결과는 다음 절에서 따로 제시하였다.

본 절에서는 기획 과정을 통해 생명의 연속성이라는 주제가 과학적 지식과 흥미 요소를 고루 갖추고 관람자에게 과학의 즐거움과 교육적 효과를 전할 수 있는 전시 콘텐츠의 목적에 적합하게 점점 구체화되어 전시 콘텐츠로 완성되어가는 과정을 다룬다.

2.1 전시 기획 배경

생명의 연속성은 지구 상 최초의 생명체가 등장한 이래 현재의 다양한 생명체들에 이르기까지의 역사를 담고 있는 생명과학의 빅 아이디어이다. 이는 시간의 흐름에 따라 단순히 이어져 온 생명의 기록이 아니라 매 순간 역동적으로 지속되어 온 생명체와 자연 환경 간의 끊임없는 상호작용에 관한 이야기이며, 수많은 자연선택을 거쳐 오면서 현생 생물에 어떻게 반영되었고, 미래에는 어떤 영향을 주게 될지 보여주는 중요한

과학적 사실이다.

본 연구에서는 전시 콘텐츠의 메인 테마를 <그림 17>과 같이 「Live Evolution Center: on-air(라이브진화센터)」(이하 라이브진화센터)로 설정하여 생명의 연속성이 지닌 이러한 역동성과 중요성을 스토리텔링 방식을 통해 전시 콘텐츠 안에 담고자 하였다. ‘Live’의 사전적 의미인 ‘살아있는’과 ‘생방송의’는 생명의 진화가 탄생부터 현재까지 생명 및 환경과의 상호작용을 통해 끊임없이 이어져오고 있으며, 현생 생물들이 주인공으로 설정된 전시를 통해 그 과정이 현재에도 이루어지고 있는 현장을 보여 준다는 의미를 담고 있다. ‘Evolution’은 생명의 진화를 의미하며, ‘Center’는 생명의 진화를 보여주는 중심적인 장소로서의 전시 공간을 의미한다. 전시 내용과 관련된 실험의 시연이나 체험, 현재의 진화 뉴스 등을 알 수 있는 공간은 ‘on-air’라는 명칭을 통해 관람자들이 진화의 시간적 연속성을 느낄 수 있도록 하였다. ‘Live Evolution Center: on-air’라는 전시 공간에서 관람자들은 생명의 연속성과 진화의 과정을 체험하고 탐구할 수 있을 것이다.



2.2 전시 기획 방향

라이브진화센터는 ‘생명은 어떻게 다양하게 이어져 올 수 있었을까?’를 핵심 질문으로 하여 무한한 생물다양성을 만들어 온 진화의 메커니즘이 과거와 현재, 미래에도 끊임없이 이루어지고 있음을 보여주는 전시 콘텐츠이다. 따라서 최초의 생명체로부터 현재의 관람자(나)를 비롯한 여러 현생 생물들에게 생명의 연속성이 이어져 오고 있다는 사실을 과학적 탐구와 체험형 전시 콘텐츠를 통해 나타내는 것을 전시의 기본 방향으로 설정하였다. 이를 체계적으로 전시 콘텐츠에 반영하기 위하여 전시 기획 방향을 5W1H의 방법으로 명료화하였다.

2.2.1 Who : 누가 라이브진화센터에 방문하는가?

라이브진화센터는 과학관 체험 교육의 수요가 늘어나고 있는 고등학생 및 교사를 주요 관람자 층으로 설정하였다. 그러나 고등학생 미만 연령의 학생 또는 아동들의 경우에도 난이도에 맞는 전시 해설을 제공하여 체험활동에 대한 이해를 보완할 수 있을 것으로 생각한다.

2.2.2 When : 라이브진화센터의 시간적 배경은 어떠한가?

라이브진화센터는 지구 상 최초의 생명이 등장했을 것으로 생각되는 생명의 탄생을 시작으로 현재의 다양한 생물들에 이르기까지의 시간적 배경을 지닌다.

2.2.3 Where : 라이브진화센터의 공간적 배경은 어디인가?

라이브진화센터는 최초의 생명으로부터 현재에 이르기까지 상호작용

을 주고받아 진화해 온 생물과 환경의 역동성이 중계되는 장소이자, 그 과정과 원리를 끊임없이 연구해 온 과학자들의 탐구를 보여주고, 체험할 수 있는 장소이다.

2.2.4 What : 라이브진화센터에는 무엇이 있는가?

라이브진화센터는 전체 전시에 대한 물음을 담은 도입부 전시를 시작으로 생명의 기원, 진화의 핵심사건, 유전자와 변이, 성과 유전적 조합, 환경과 자연선택, 오픈 랩과 진화뉴스 코너로 구성된다. 생명의 탄생 코너에서는 지구 생명의 기원을 밝히기 위한 과학자들의 다양한 연구 사례들을 그 결과와 함께 제시한다. 진화의 핵심사건에서는 단순했던 최초의 생명체가 현재의 복잡한 생명체로 진화하는 데에 영향을 주었을 것으로 추론되는 진화의 사건을 제시하고, 유전자와 변이에서는 DNA와 유전자, 돌연변이에 대해 탐구할 수 있는 전시물을 구성한다. 성과 유전적 조합에서는 생물의 다양성을 제공한 중요한 메커니즘인 성과 유성생식을 중심으로 개체 간 유전정보의 전달을 살펴본다. 환경과 자연선택에서는 다윈의 업적을 소개하고, 핀치를 이용한 연구사례와 생물의 다양한 눈을 제시하여 생물의 다양성을 탐구할 수 있도록 한다. 또한 자연선택의 원리를 구현한 프로그램을 관람자가 직접 체험해 볼 수 있도록 한다.

2.2.5 Why : 라이브진화센터에 왜 방문해야 하는가?

라이브진화센터를 통해 관람자들은 최초의 생명체로부터 생명이 무한히 다양한 형태로 진화해오게 된 메커니즘을 살아있는 생물을 통해 느끼고 탐구하며 체험할 수 있을 것이다. 관람자 참여형 전시 공간과 첨단매체를 활용한 체험형 전시는 관람자의 과학적 사고력과 탐구능력, 문제해결력과 의사소통 능력, 과학적 참여와 평생 학습 능력으로 대표되는 과학과 핵심역량(교육부, 2015)을 함양을 도울 것이다. 생명의 진화가 역

동적으로 지속되어 온 생명체와 환경 간의 끊임없는 상호작용에 관한 이야기이며, 무수한 자연선택을 거쳐 오면서 현생 생물에 어떻게 반영되었고, 미래에 어떤 영향을 줄 것인지 생각해 볼 수 있을 것이다.

2.2.6 How : 라이브진화센터에서는 생명의 연속성을 어떻게 체험하는가?

과학관 전시물은 관람자와 전시물 간의 커뮤니케이션을 발생시켜 정보 전달과 더불어 체험의 기회를 제공하고, 전달매체와 결부되어 관람자에게 입체적으로 전달된다. 라이브진화센터는 전체 전시에 대한 물음을 담은 도입부 전시를 시작으로 생명의 연속성을 역동적으로 보여줄 수 있는 중요한 주제들이 코너별로 제시된다. 각 코너에는 해당 주제를 관통하는 탐구 질문이 주어지며, 현재 지구에서 살아가는 다양한 생물들과 그들의 몸속에 담긴 증거, 그리고 이를 밝혀내기 위해 노력했던 과학자들의 연구과정과 결과가 함께 제시된다. 또한 오픈 랩을 통해 연구자들이 실험하는 모습을 보거나 관람자가 직접 실험에 참여하는 등의 활동을 통해 관람자들은 생명의 연속성과 다양성의 메커니즘을 이해하고, 과학의 과정을 탐구해 볼 수 있다. 라이브진화센터에서 관람자들은 궁극적으로 현생 생물에 담겨있는 진화의 단서를 통해 최초의 생명체로부터 현재의 다양한 생명에 이르기까지의 길(How)을 찾게 된다. 모든 콘텐츠는 학교 교육과정과 연계하여 개발한 스토리텔링을 기반으로 하여 관람자가 전시 관람 전과 후에 학교의 교육활동과 연계할 수 있도록 한다.

2.3 전시 기획 목표

2.3.1 관람자가 주도적으로 체험하고, 전시와 소통할 수 있는 라이브진화센터

과학관 전시는 TV나 책자, 온라인 매체 등과는 달리 관람자와 전시물 간의 커뮤니케이션을 발생시켜 정보 전달은 물론 실물을 보고 직접 체험이 가능하다는 큰 장점을 지닌다. 전시물의 크기에 따라 관람 및 체험에 알맞은 최적의 환경을 조성하여 관람자와 전시물의 안전을 유지하면서도 관람자가 전시물을 최대한 가까이에서 충분히 경험할 수 있도록 제작 및 연출한다. 전시물의 연출과 함께 관람자들이 실제 실험하는 모습을 보고 직접 체험도 할 수 있는 공간으로서의 Open Lab 운영 관련 사항도 함께 제시한다.

2.3.2 생명의 연속성이라는 전시 주제에 적합한 스토리라인 및 스토리텔링을 갖춘 라이브진화센터

개개의 전시물이 가진 메시지성과 전시물 간의 관계를 보다 명확히 하여 전시의 의도 및 고차원의 폭넓은 메시지를 관람자에게 전달한다. 생명의 연속성이라는 전체 테마를 관통하는 스토리라인을 구성하고 이에 맞게 각 주제별로 전시를 위한 주요 개념을 추출하여 그것을 명확히 전달할 수 있는 전시품을 구상 및 개발한 후 이를 주제별로 적절히 배치한다. 관람자 개개인들의 참여도, 주제와 전시내용에 대한 사전 지식, 호기심과 흥미, 전시물에 대한 느낌 등이 다르다는 것을 고려하여 관람자의 학습과 체험이 증진하도록 스토리라인을 구성한다.

2.3.3 다양한 전시 방법 및 전달매체의 활용을 통해 관람 효과를 극대화할 수 있도록 기획된 라이브진화센터

모든 감각을 통한 전시물의 경험은 관람자가 과학관에서의 관람에 더욱 만족하고 가치 있는 것으로 느낄 수 있다. 모든 전시의도와 전시자료들은 전달매체와 결부되어 관람자에게 입체적으로 전달되므로 전시자료의 본질을 잘 표현할 수 있는 매체를 선정하여 관람자들의 관심을 끌고 이해를 도울 수 있는 적극적인 전시방법을 사용하여 전시공간을 연출한다. 시선계획을 입체적으로 구성하여 시각적 다양함을 계획하는 동시에 전시실 전체의 환경을 특색 있는 이미지로 보여주고, 관람자가 이해하기 쉽고 피로도가 적으며 즐거울 수 있는가를 고려한 전시물 배치 방안을 구현한다.

2.4 전시 환경 분석

2.4.1 전시 공간 분석

라이브진화센터의 공간적 모델은 2008년 11월 개관 이래 수도권 과학문화 확산의 거점이자 과학 기반 복합문화공간으로 자리 잡아 온 국립과천과학관을 대상으로 하였다. 국립과천과학관은 경기도 과천시에 위치하여 서울과 근접한 위치에 있으며, 인근의 서울대공원, 국립현대미술관, 경마공원 등과 함께 복합적인 문화체험 공간으로 구성되어 있다. 주요 전시관으로는 기초과학관, 첨단기술관, 어린이탐구체험관, 명예의 전당, 전통과학관, 자연사관의 총 6개의 상설전시관을 운영 중에 있으며, 옥외에 천체관측소, 천체투영관, 곤충생태관, 야외전시장 등이 있다.

2.4.2 기존 전시와의 차별성 분석

개발하고자하는 전시 콘텐츠의 내용 구성과 차별성을 확보를 위한 참고자료로 활용하기 위하여 국립과천과학관의 기존 전시물 중 유사한 주제를 반영하고 있는 전시물을 찾아 분석하였다. 전체 전시물 중에서 생명의 연속성 관련 내용을 포함하고 있는 전시물을 선정하여 전시 내용과 전시 요소를 분석하였으며, 그 결과는 <표 17>과 같다.

국립과천과학관의 기존 전시물 중에서 본 연구의 주제인 생명의 연속성 관련 내용을 담고 있는 전시물은 자연사관과 기초과학관, 첨단기술관에 위치해 있었다. 자연사관의 전시물 중 이에 해당하는 것은 우주의 진화, 진화의 시계, 지질시대, 인류의 진화 관련 전시물들로, 우주의 진화에서는 태양계와 지구의 탄생, 원시지구의 진화를 주로 패널과 영상을 통해 설명하고 있었다. 진화의 시계는 46억년 지구의 역사를 24시간에 비교하여 시계 형태로 나타낸 패널 전시물이었으며, 양쪽에는 각각 과거 생물과 현재 생물들의 사진을 보여주는 영상이 상영되고 있었다. 지질시대 관련 전시물로는 화석이 무엇인지를 설명하는 전시물과 지질연대표 패널, 그리고 선캄브리아대부터 신생대에 이르기까지의 화석 표본과 당시 환경 설명 패널들이 있었다. 국립과천과학관 전시물 중 진화 관련 전시물들은 이렇게 자연사관에 위치하고 있었으나 지질시대의 변화에 따른 환경과 생물군의 변화를 중심으로 설명하고 있었으며, 화석표본과 텍스트 패널 중심으로 전시되어 있었다. 특히 중생대 해양파충류 관련 AR(증강현실)체험전시물 이외에는 관람자가 직접 참여하는 체험형 전시물을 찾아보기 어려웠다.

인류의 진화는 호모 사피엔스 모형을 시작으로 유인원과 인류의 차이, 인류의 특징, 진화의 손실에 관한 전시물을 모형과 패널을 이용하여 주로 전시하고, 움직임 등의 설명이 필요한 부분만 영상을 통해 보여주는 방식을 택하고 있었다. 체험전시물로는 관람자가 얼굴 사진을 찍으면, 표정과 눈코 입을 인식하여 고인류의 얼굴을 합성해보는 전시물이 있었으

며, 마지막 전시물인 사람은 왜 다양한가는 사람의 여러 표현형을 통해 인종 간의 차이를 설명하는 패널로 이루어져 있었다.

인류의 진화 관련 전시물은 지질시대 관점의 진화 전시물에 이어지는 동선에 위치해 있으므로 이 두 전시에 연계하여 생명과학의 관점에서의 진화를 다루는 생명의 연속성 관련 전시물을 관람할 수 있도록 구성하면 관람자에게 진화에 관한 다양한 관점과 통합적 시각을 제공해 줄 수 있을 것으로 생각된다.

기초과학관의 생명과학 전시 중에는 생명의 연속성과 관련하여 생물의 특징을 통한 생물의 분류에 관한 전시물이 있었고, 식물과 동물의 생육을 연결하여 호흡과 광합성 산물의 관계를 보여주는 생육 전시물이 있었다. 또한 생식과 발생 전시물은 사람의 임신 중 태아의 발생 과정 모형과 남성과 여성의 생식기의 모형으로만 구성되어 있었다. 전시물들이 서로 연결되지 않고, 각 전시물들이 독립적인 내용을 다루고 있어 설명이 불충분하거나 내용의 연결이 미흡한 부분들이 있었다. 이를 해결하기 위해서는 전시 내러티브의 도입이 필요할 것으로 생각된다.

첨단기술관의 전시물 중에는 ‘DNA, 생명의 비밀을 푸는 열쇠’라는 코너의 전시물들이 생명의 연속성 내용을 포함하고 있었다. DNA 이중나선 구조와 구조의 발견, DNA의 기능, DNA의 활용으로 구성되어 있었으며, DNA이중나선 구조 모형을 제외하고는 모두 설명 영상으로 이루어져 있어 전시 공간에는 모니터가 대부분의 공간을 차지하고 있었다. 이 경우는 기초과학관과는 달리 전시물 간 내용은 연결되지만, 내용 제시 형식이 처음부터 끝까지 모두 영상 상영으로 구성되어 관람자의 몰입이 점점 낮아질 수 있다는 단점이 있었다. 이는 복합형 전시물과 체험형 전시물 도입의 필요성을 뒷받침한다.

표 17. 국립과천과학관 기존 전시물 분석

위치	전시 주제	전시물명	전시 내용	전시 요소
자연 사관	우주의 진화	태양계와 지구의 탄생	태양계와 지구, 달의 탄생 텍스트 및 영상으로 설명	패널, 영상
		원시지구의 진화	지구 내부, 생명의 탄생, 대기의 변화를 텍스트로 설명	패널
	진화의 시계	진화의 시계	46억년 지구의 역사를 24시간에 비유하여 시계에 표현	패널
		과거 생물의 다양성	여러 생물의 사진을 슬라이드 쇼 형식으로 상영	영상
		현재 생물의 다양성		
	지질 시대	진화와 화석기록	화석의 특징을 설명	실물 모형
		지질연대표	선캄브리아대부터 신생대까지 각 시기의 특징과 연대 표현	패널
		선캄브리아대의 환경과 생물	주요 화석 표본과 당시 환경그래픽 패널	모형, 패널
		고생대의 환경과 생물		
		중생대의 환경과 생물	주요 화석 표본과 당시 환경그래픽 패널, 중생대 해양 파충류 AR 체험	모형, 패널, 영상
		신생대의 환경과 생물	골격표본	모형
		호모 사피엔스	호모사피엔스 실제 크기 모형	모형
		유인원과 인류의 차이	유인원과 인류 주요 차이점 비교 영상	영상, 패널
	인류의 진화	인류의 특징	도구사용, 직립보행, 두뇌용량, 치아 등 비교	모형, 영상, 패널
		고인류 되어보기	관람자 얼굴에 고인류 얼굴 합성하는 영상 체험	영상
		진화의 손실	직립보행으로 인한 질병	모형, 패널
		사람은 왜 다양한가	피부색, 홍채 색상, 털 등 인종에 따른 사람의 다양한 표현형 설명	패널
기초 과학 관	생명 과학	생물의 나라로 여행을 떠나요	박테리아, 고세균, 진핵생물의 간단한 설명과 표본 전시	모형, 패널
		식물의 분류	양치식물, 선대식물, 속씨식물, 겉씨식물 특징과 예시	패널
		생태계와 광합성	식물을 생육하는 공간과 다람쥐 생육하는 공간을 연결 하여 호흡과 광합성의 관계 전시	생육
		생식과 발생	임신 중 태아의 발생 단계 모형, 남녀 생식기 모형	모형

이상을 종합해보면 국립과천 과학관의 생명의 연속성 관련 기존 전시물들은 지질시대와 인류의 진화를 중심으로 이루어져 있었으며, 작은 규모로는 생물의 분류와 생식 및 발생, DNA 관련 전시물들이 있었다. 전시 요소로는 모형, 패널, 영상 위주로 구성되어 있었으며 체험형 전시물과 여러 전시요소가 복합된 형태의 전시물의 비중이 낮았다. 본 연구에서 개발하고자 한 생명의 연속성 전시 콘텐츠는 현생생물을 주요 전시 대상으로 하여 생명과학적 진화의 관점에서 구성된 스토리라인을 중심으로 생물학적 내용을 풀어내는 전시물들로 구성하여 기존의 전시물에서 다루어지지 않았으면서 기존 전시와도 연계할 수 있도록 기획하였다. 따라서 이를 개발한다면 기존 전시물과의 연계성과 차별성을 모두 확보할 수 있을 것으로 기대하였다. 또한 자연사관에 있는 기존의 진화 관련 전시들이 대부분 지질시대별 화석 표본이나 모형 위주로 이루어진 것에 비해 본 전시는 생명의 연속성이 최초의 생명체로부터 현재의 관람자인 ‘나’를 이어주고 있다는 메인 아이디어에 기반을 두고, 생명의 연속성이 주는 현재성과 역동성을 표현하기 위해 각 주제별로 살아있는 현생생물을 함께 전시하고자 기획하였다. 이를 통해 관람자들은 생명의 연속성 및 생물 진화가 과거의 사건이 아니라, 과거로부터 현재와 미래를 이어주는 생물의 핵심 원리임을 직간접적으로 체험할 수 있으며, 전시물에 담긴 과학적 지식 전달 이외에도 생물에 대한 친근함과 호기심 등의 정서적 효과를 유발할 수 있어 전시 타겟으로 설정한 고등학생뿐만 아니라 이외의 다양한 연령층의 친밀도와 몰입도 또한 높일 수 있을 것으로 기대하였다.

2.5 전시 스토리라인 및 스토리텔링 구체화

2.5.1 전시 주제 개념도

관람자들은 도입부 전시코너를 시작으로 라이브진화센터에 입장하게 된다. 전시 동선은 도입부터 진화의 핵심사건까지는 계획동선으로 유도하고, 이후 유전자와 변이, 성과 유전적 조합, 환경과 자연선택 코너는 자유동선으로 운영하여 관람자의 쏠림 현장과 관람 지연을 해소하고자 하였다. 동선계획에 따라 전시 코너 배치의 공간 배치도 <그림 18>의 전시 주제 개념도의 방식으로 배치하였다.

도입부 전시물은 전체 전시에 대한 오리엔테이션의 성격을 가짐과 동시에 전체 주제에 대한 물음을 던지면서 관람자의 호기심과 관심을 유도할 수 있는 것을 목표로 구성하였다. ‘생명의 기원’은 생명의 연속성의 출발이 되는 영역으로, 지구상에 최초의 생명은 어떻게 시작되었는지에 관한 탐구 질문을 전시에 담고자 하였으므로 관람자들이 도입부 전시물 이후 가장 먼저 마주할 수 있도록 배치하였다.

생명의 기원 이후에는 현재 지구상에서 가장 오래된 생물로 인정받고 있는 시아노박테리아를 전시물로 배치하여 단순한 형태였던 원핵생물이 복잡한 구조의 생물로 진화해 올 수 있었던 원동력의 역할을 한 초기의 진화 단계를 ‘진화의 핵심사건’이라는 중주제를 통해 보여주고자 하였다. 이후 세 가지 주제인 ‘유전자와 변이’, ‘성과 유전적 조합’, ‘환경과 자연선택’은 초기 진화 이후 현재의 수많은 다양한 생물종들에 이르기까지에 영향을 준 진화적 사실과 원리들을 보여 주고자 하였으며, 이 원리들은 진화적으로 시·공간적인 순서가 있는 것이 아니라 동시적이고 복합적으로 이루어져 온 것이기 때문에 전시물 역시 시·공간적 흐름보다는 관람자들이 자유롭게 각 코너를 능동적인 동선으로 움직이며 관람 및 학습할 수 있도록 배치하였다.

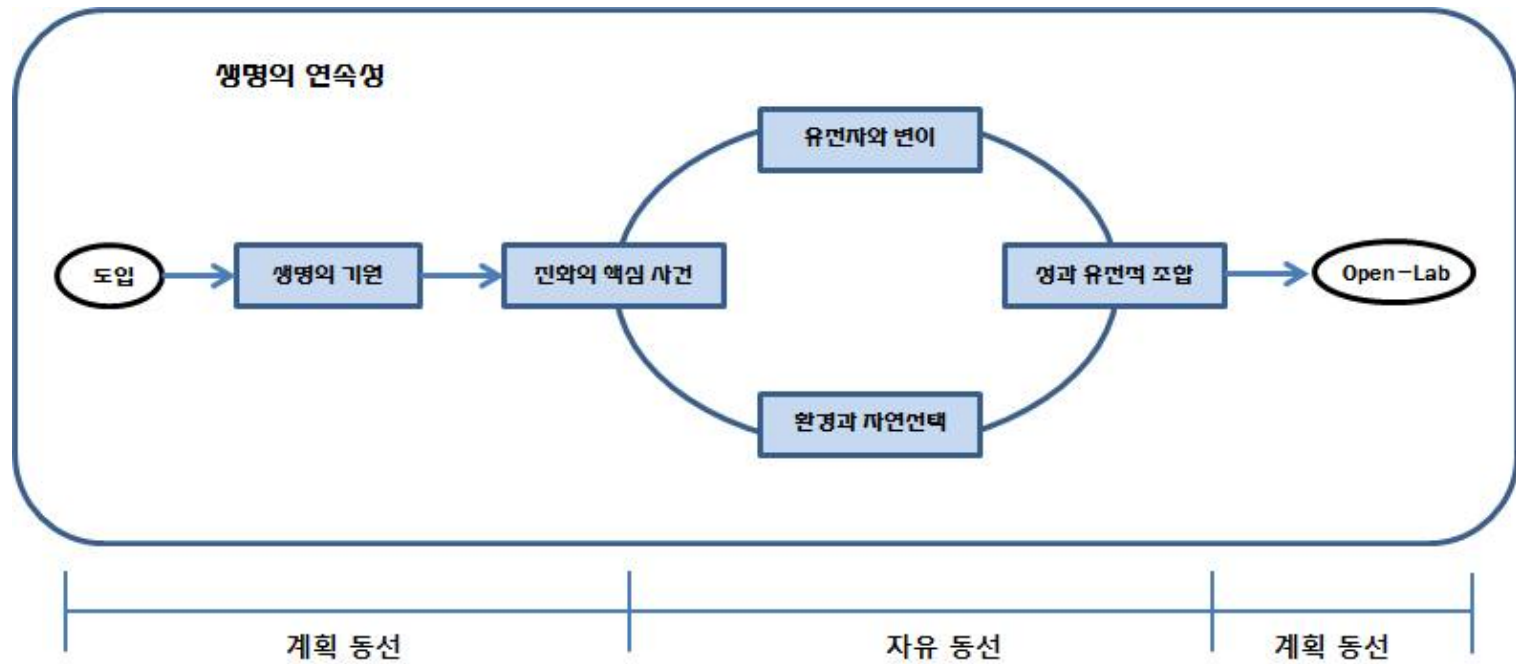


그림 18. 전시 주제 개념 배치도

모든 전시물을 관람한 관람자들은 ‘Open Lab’의 공간으로 이동하도록 다시 하나의 동선으로 연결된다. Open Lab은 라이브진화센터를 구성하는 마지막 전시 공간이자 라이브진화센터에서의 경험을 정리 및 응용하는 공간으로서의 성격을 가진다. 이곳에서는 앞서 관람한 모든 전시물 및 전체 전시 주제와 관련된 다양한 프로그램들이 시연되거나 전시 연계 프로그램에 직접 참여할 수 있는 공간으로 구성하고자 하였으며, 관람자와 라이브진화센터 간의 상호 소통이 이루어지는 장소가 될 수 있도록 구성하였다.

2.5.2 전시 스토리라인과 세부 스토리텔링

관람자가 전시에 대한 관심과 흥미를 가질 수 있도록 하고, 전시에 담긴 전시 주제와 전시 내용을 효과적으로 전달하기 위해 본 연구에서는 전시물에 스토리를 도입하여 콘텐츠를 구성하였다.

진화에 대한 본격적인 이야기는 150년 전에 다윈의 ‘종의 기원’이 출간되었던 시기로 거슬러 올라간다. ‘종의 기원’이 출간 될 당시에 사회적으로 매우 격렬한 반응이 있었지만 진화를 과학적으로 증명하기 위한 노력들이 꾸준히 지속되어 왔다. 화석과 생명체의 발생 및 구조에 대한 분석이 이루어졌고, 분자생물학이 발달하면서 유전자의 비교 연구를 통해 진화를 보다 심층적으로 이해하게 되었다.

라이브진화센터는 이렇게 현대 과학의 발전을 통해 역동적으로 뒷받침되고 있는 진화의 증거들을 관람하고 체험해보면서 생명의 탄생과 진화의 메커니즘을 탐구할 수 있는 장이다. 라이브진화센터에서의 경험은 관람객들에게 최초의 생명으로부터 시작된 생명정보가 다양한 현생 생물들에게 이어져 흐르고 있으며 앞으로도 계속 진화해 갈 것이라는 생명의 빅 히스토리에 대한 이해의 계기를 제공할 것으로 기대한다.

라이브진화센터의 스토리라인은 도입-발단-전개-절정-결말의 다섯

단계로 이루어진 시퀀스 내러티브를 따르도록 하였으며, 도입부 전시물을 통해 라이브진화센터 상황에 진입한 후, ‘생명의 기원’과 ‘진화의 핵심 사건’을 차례로 가치면서 현재 생물들의 다양성이 대한 탐구심을 점점 고조시킬 수 있도록 하였다. 전개 부분은 라이브진화센터의 주축을 이루는 생명 연속성의 원리가 다양한 전시물들을 통해 펼쳐지는 문제 확대의 장으로 구성하였으며, 각 코너마다 체험형 및 복합형 전시물들을 집중적으로 배치하였다. 이를 통해 전개 부분을 자유 관람하며 도입부 전시물로부터 이어 온 생명의 연속성에 대한 탐구질문에 대한 관람자들의 몰입 상태를 최고조인 절정에 이를 수 있도록 하였다. 긴장이 풀어지고 탐구 문제들이 해결되는 공간이자, 생명의 연속성에 관한 연계 활동을 할 수 있는 공간은 Open-Lab으로 구성하여 관람한 전시 내용들을 정리하면서 현재 일어나고 있는 다양한 생명의 연속성 관련 연구결과나 뉴스들을 접하고, 실험의 체험이나 실연 중계, 특강 등을 통해 생명의 연속성 및 진화의 의미를 다시 한 번 생각해 볼 수 있는 공간이 되도록 하였다.

1. 우리의 공통점 : 우리는 왜 공통점을 가질까?

생물들의 구조와 특성을 관찰하고 비교하는 것은 생물의 진화를 이해하는 기초가 되어 왔다. 생물학자들은 다윈 이전시기부터 여러 생물의 특성을 비교하고 분류하는 계통분류학을 연구해 왔다. 오늘날에는 형태학과 발생학을 비롯하여 세포생물학과 생화학 및 분자생물학의 영역까지 포함하여 더욱 다양하게 진화를 연구하고 있다.

척추동물 골격구조의 유사성과 상동기관은 현재 지구상의 생명체들에서 찾아볼 수 있는 대표적인 진화의 증거이다. 기능이 다르지만 유사한 구조를 가지고 있는 상동은 생물의 특성이 공통조상으로부터 유래되고 진화 과정에서 변형된 것임을 의미하고, 진화의 역사적 실재를 보여준다.

첫 번째 중주제인 ‘우리의 공통점’은 고래, 비둘기, 사람의 골격 비교를 통해 관람자가 공통된 부분을 찾고, 상동기관의 의미와 공통조상의

존재에 대해 생각해볼 수 있도록 하는 전시물이다. 생명의 연속성에 관한 핵심 요소로는 진화, 유전, 발생, 형질발현, 상동기관, 공통조상, 흔적기관, 진화의 해부학적 증거 등이 관련되며, 중학교 과학, 고등학교 과학, 생명과학 I·II와 연계할 수 있는 전시물이다. 2009 개정 교육과정 내용요소들 중에는 생물의 다양성, 생물과 환경의 상호관계, 변이, 자연선택, 종의 분화 등의 개념에 확장하여 연계할 수 있으며, 공통조상의 존재와 의미를 스스로 찾아 생각해보고, 이후 전시물들을 관람할 수 있도록 지도할 수 있다. I-1. 우리의 공통점에 관한 스토리텔링은 <표 18>과 같다.

II. 생명의 기원 : 생명은 어떻게 시작되었을까?

46억 년 지구의 역사 중에서 생명은 언제, 어디에서, 어떻게 생겨났을까? 생명의 기원을 밝히기 위한 과학자들의 노력은 여러 분야에 걸쳐 오랫동안 이루어져 왔다. 본 전시에서는 지층 속에 남겨진 흔적으로부터 최초 생명의 흔적을 찾아낸 과학자들의 연구와 생명체가 처음으로 등장했을 것으로 추정되는 환경의 구현을 통해 생명 기원의 실마리를 찾고자 했던 과학자들의 노력을 체험할 수 있다. 또한 깊은 바닷속에서 발견된 열수분출공에 관한 최근의 연구는 생명의 기원을 찾기 위한 인류의 관심과 노력이 다양한 관점에서 끊임없이 지속되고 있음을 보여줄 것이다.

생명의 기원은 제1차 교육과정부터 지속적으로 교육과정에 등장해 온 주요 내용요소이지만, 교과서에서 다루는 비중이 적고, 실제 관찰이 불가능하여 불충분한 설명에 의존할 수밖에 없어 교수학습에 부담이 있어 왔다. 본 전시 코너에서는 생명의 기원을 밝히기 위한 과학자들의 노력을 중심으로 전시물을 구성하여, 생명의 기원 관련 내용을 실제로 관찰하거나 체험해 볼 수 있으며, 각 접근의 의의와 한계를 함께 다루어 과학의 본성과 과학자들의 탐구에 대한 학습에도 활용할 수 있도록 구성하였다.

두 번째 중주제인 생명의 기원에서 다루는 첫 번째 전시물은 ‘생명의

기원을 찾아서'이다. 이 전시물은 진화, 생명의 기원, 지층, 생명활동의 흔적, 탄소 동위원소, 물질대사, 지구의 역사를 핵심 요소로 포함하며, 중등학교 과학과 교육과정과 모두 연계된다. 관람자들은 이 전시물을 통해 35억년 생명의 역사의 연대측정과 최초 생명 흔적의 증거를 탐구해 온 과학자들의 연구 과정과 결과를 관람하게 되며, 이를 통해 생명의 기원을 밝히기 위한 과학자들의 노력을 체험할 수 있다. 이와 관련된 스토리텔링 관련 요소는 <표 19>와 같다.

생명의 기원의 두 번째 전시물은 '원시 대기로부터의 가능성'이다. 이 전시물은 원시 지구의 환원성 대기에서 유기물이 생성되고 바다에 농축되어 원시 생명체가 탄생했을 것이라는 가설을 실험적으로 증명하고자 했던 밀러-유리 실험 장치를 재현하고 당시 실험 결과로 생성되었던 유기물들의 화학적 구조를 관찰해보도록 구성한다. 관련 핵심 요소로는 진화, 생명의 기원, 밀러-유리 실험, 생물의 구성요소, 유전물질, 아미노산, 핵산, 원시지구 환경, 환원성 대기, 화학적 진화 등이 있으며, 중학교 과학, 고등학교 과학, 생명과학 I·II 과 연계된다. 이에 대한 스토리텔링은 <표 20>과 같다.

생명의 기원의 세 번째 전시물은 '깊은 바닷속으로부터의 가능성'으로, 밀러-유리 실험의 한계로 인해 새로운 생명 기원 장소를 찾던 과학자들에 의해 연구된 심해 열수분출공에서의 생명의 탄생 가능성 연구 결과를 보여주는 전시물이다. 이 전시물에 대한 스토리텔링은 <표 21>과 같다. 핵심 내용요소로는 진화, 생명의 기원, 생명 탄생의 조건, 심해열수분출공, 원시지구 환경, 다공성 수산화광물, 유전물질, 화학적 농도차, 유기분자 농축 등을 가지며, 중학교 과학, 고등학교 과학, 생명과학 I·II 과 연계된다.

표 18. 「I-1. 우리의 공통점」 스토리텔링

전시물 분류	I-1. 우리의 공통점	
스토리텔링 구성 요소	세부 항목	내용
전시물 관련 스토리텔링 요소	전시 주제	우리의 공통점
	탐구질문	우리는 왜 공통점을 가질까?
	전시의도	고래와 비둘기, 사람의 골격에서 공통적인 구조가 있음을 발견하고, 이를 통해 공통조상의 존재를 유추해 볼 수 있도록 구성한다.
관람 활동 관련 스토리텔링 요소	전시물 도입을 위한 호기심 유발 예시	푸른 바다를 헤엄치는 고래와 하늘을 훨훨 나는 새, 그리고 사람은 어디가 닮았을까요? 사람과 고래, 비둘기의 골격을 관찰하고, 유사한 구조를 찾아보세요. 같은 색깔로 표시된 뼈를 찾으면 알 수 있어요.
	관람 포인트 지도 예시	고래의 가슴지느러미, 새의 날개, 사람의 팔은 각각 겉모습이 다르고, 기능도 다르지만 골격 구조는 유사한 상동기관입니다. 비슷한 골격 구조를 갖는 것은 진화적으로 어떤 의미일까요?
	질문과 답변 예시	Q1. 전시된 골격 구조에서 보이는 사람과 비둘기의 상동기관에는 무엇이 있나요? -사람의 팔과 비둘기의 날개 Q2. 척추동물은 성체의 모습이 서로 다름에도 불구하고, 어떻게 유사한 형태의 골격구조를 가지게 되었을까요? - 척추동물이 공통조상으로부터 진화해왔기 때문입니다. Q3. 고래의 몸속에 골반 뼈의 흔적이 남아있는 이유는 무엇인지 추론해 보세요. -고래의 조상종이 골반 뼈를 가지고 있었기 때문입니다.
	생명의 연속성 관련 범주	진화, 유전, 발생, 형질발현
교육과정 연계 관련 스토리텔링 요소	전시물 내용요소	상동기관, 공통조상, 흔적기관, 해부학적 증거
	2009 개정 교육과정 관련 단원	중학교 1~3학년군 : (18) 생식과 발생 (20) 유전과 진화 고등학교 과학 : 제1부-(3) 생명의 진화 고등학교 생명과학 I : (2) 세포와 생명의 연속성 고등학교 생명과학Ⅱ : (3) 생물의 진화
	2009 개정 교육과정 내용요소	생물의 다양성, 생물과 환경의 상호관계, 변이, 자연선택, 종의 분화

표 19. 「Ⅱ-1. 생명의 기원을 찾아서」 스토리텔링

전시물 분류	Ⅱ-1. 생명의 기원을 찾아서	
스토리텔링 구성 요소	세부 항목	내용
전시물 관련 스토리텔링 요소	전시 주제	생명의 기원을 찾아서
	탐구질문	생명은 어떻게 시작되었을까?
	전시의도	35억년 생명의 역사의 연대측정과 최초 생명 흔적의 증거를 탐구해 온 연구 과정과 결과를 통해 생명의 기원을 밝히기 위한 과학자들의 노력을 체험하도록 전시한다.
관람 활동 관련 스토리텔링 요소	전시물 도입을 위한 호기심 유발 예시	지구에 생명체가 처음 등장한 것은 언제일까요? 어떤 생물이 최초로 나타났는지 알아내기 위해서는 무엇을 관찰하는 것이 좋을까요?
	관람 포인트 지도 예시	과학자들은 35억 년 전의 지층에서 생명의 흔적을 찾아냈습니다. 그리고 이것이 현재까지 가장 오래 된 생명의 기록입니다. 지층 속에서 찾아 낸 생명의 흔적은 과연 무엇일까요? 우리도 지구의 역사에서 생명의 흔적을 찾는 방법을 알아봅시다.
	질문과 답변 예시	Q1. 동위원소의 질량이 다른 이유는 무엇인가요? -동위원소는 양성자수는 같지만 중성자수가 달라서 다른 원자량을 가지고 있습니다. Q2. 탄소가 어떻게 시아노박테리아의 흔적이라는 것을 알 수 있었을까요? -시아노박테리아는 탄소를 이용하여 유기물을 만드는 광합성을 했기 때문입니다.
교육과정 연계 관련 스토리텔링 요소	생명의 연속성 관련 범주	진화
	전시물 내용요소	생명의 기원, 지층, 생명활동, 탄소 동위원소, 물질대사, 유기물
	2009 개정 교육과정 관련 단원	중학교1~3학년군 : (2) 지구계와 지권의 변화 (20) 유전과 진화 고등학교 과학 : (2) 태양계와 지구 (3) 생명의 진화 고등학교 생명과학Ⅰ : (1) 생명 과학의 이해 고등학교 생명과학Ⅱ : (3) 생물의 진화
	2009 개정 교육과정 내용요소	지구의 진화, 지구의 원소 분포, 원시 지구, 탄소 화합물, 화석, 생명의 특성, 생명의 기원

표 20. 「Ⅱ-2. 원시 대기로부터의 가능성」 스토리텔링

전시물 분류	Ⅱ-2. 원시 대기로부터의 가능성	
스토리텔링 구성 요소	세부 항목	내용
전시물 관련 스토리텔링 요소	전시 주제	원시 대기로부터의 가능성
	탐구질문	생명은 어떻게 시작되었을까?
	전시의도	원시 지구환경과 원시 대기의 구성에 대한 가정을 바탕으로 실험하여, 무생물환경에서 최초생명유기분자가 합성될 수 있음을 입증한 밀러-유리 실험을 재현한다.
교육과정 연계 관련 스토리텔링 요소	전시물 도입을 위한 호기심 유발 예시	최초의 생명체를 이루는 물질들은 어떻게 만들어졌을까요? 과학자들은 실험을 통해 그 실마리를 찾아보려고 했습니다. 최초의 생명이 생겨날 당시 원시 지구 환경을 재현해 볼 수 있는 조건을 그대로 만들어서 생명의 기원을 찾고자 했던 과학자들의 노력을 살펴봅시다. 생명을 이루는 물질은 어떻게 생겨났을까요?
	관람 포인트 지도 예시	원시 지구의 환원성 대기에서 유기물이 생성되고 바다에 농축되어 원시 생명체가 탄생했을 것이라는 오파린의 화학적 진화를 실험적으로 증명하고자 했던 밀러의 실험 장치를 재현하고 실험결과로 나타났던 유기물들을 관찰해 봅시다.
	질문과 답변 예시	Q1. 원시 대기에는 어떤 기체 분자들이 있었을 것이라고 추정되나요? -화산 활동 결과 분출된 다량의 수증기, 암모니아, 수소, 메테인 등의 환원성 기체로 이루어진 대기가 존재했을 것으로 추측됩니다. Q2. 밀러의 실험을 통해 생성된 물질은 무엇이었나요? -단백질을 구성하는 기본단위인 아미노산(글루탐산, 알라닌, 글리신 등)과 기타 생물 구성요소들(포름알데하이드, 시안화수소, 요소 등)이 생성되었습니다.
관람 활동 관련 스토리텔링 요소	생명의 연속성 관련 범주	진화
	전시물 내용요소	생명의 기원, 밀러-유리 실험, 생물의 구성요소, 유전물질, 아미노산, 핵산, 원시지구 환경, 환원성 대기, 화학적 진화, 물질대사
	2009 개정 교육과정 관련 단원	중학교1~3학년군 : (8) 물질의 구성 (10) 기원과 우리 생활 (16) 화학 반응에서의 규칙성 (19) 여러 가지 화학 반응 (20) 유전과 진화 고등학교 과학 : 제1부-(1) 우주의 기원과 진화 (3) 생명의 진화 고등학교 생명과학 I : (1) 생명 과학의 이해 고등학교 생명과학Ⅱ : (1) 세포와 물질대사 (3) 생물의 진화
	2009 개정 교육과정 내용요소	지구의 진화, 원시 지구, 화학 반응과 화학적 진화, 탄소 화합물, 생명의 기본 요소, 단백질, 원시 생명체의 탄생, 생명의 특성, 생명의 기원

표 21. 「Ⅱ-3. 깊은 바닷속으로부터의 가능성」 스토리텔링

전시물 분류			Ⅱ-3. 깊은 바닷속으로부터의 가능성
스토리텔링 구성 요소	세부 항목	내용	
전시물 관련 스토리텔링 요소	전시 주제	깊은 바닷속으로부터의 가능성	
	탐구질문	생명은 어떻게 시작되었을까?	
관람 활동 관련 스토리텔링 요소	전시의도	맨틀에서 흘러나오는 화학원소가 포함된 심해열수분출공 환경에서의 유기물 합성 가능성과 광물 세포 기능을 하는 미로형 다공성 암석에서의 유기화합물 농축 가능성을 전시한다.	
	전시물 도입을 위한 호기심 유발 예시	생명이 탄생할 수 있는 조건은 무엇이었을까요? 최초의 생명체는 어떤 환경에서 나타날 수 있었을까요? 과학자들은 깊은 바다 속에서 뜨거운 물이 뿜어져 나오는 열수분출공 주변이 원시 지구의 환경과 유사한 조건을 가지고 있다는 것을 발견했습니다. 열수분출공은 어떤 곳이기에 생명의 탄생 연구에 이용되고 있을까요?	
	관람 포인트 지도 예시	깊은 바닷속에는 해저 지각에서 뜨거운 물과 기체가 차가운 바닷물로 뿜어져 나오는 열수분출공이 있습니다. 1977년 해저 2500m에서 처음 발견된 열수분출공은 화학적으로 복잡하고 반응성 높은 환경 조건을 가지고 있어 과학자들이 생명 기원의 장소로 추정하고 있는 장소 중의 하나이며, 실제로 열수분출공 주변에는 다양한 생물들이 살고 있기도 합니다. 열수분출공이 있는 지역의 어떤 환경적 특징들이 생명의 기원과 관계가 있을까요?	
	질문과 답변 예시	Q1. 열수분출공은 어떻게 만들어지나요? -해저에서의 느린 지각 운동이 지각 아래에 위치한 맨틀에서 유래한 새로운 암석을 노출시키고, 이것이 열수분출공을 형성합니다. 암석과 바닷물의 반응을 통해 만들어지며, 이 과정에서 암석의 구조가 바뀌어 수산화광물이 만들어지는 것입니다. Q2. 생명의 탄생에 도움을 주었을 것이라고 추측되는 열수분출공의 구조적 특징은 무엇인가요? -열수분출공 암석 내부는 작은 거품 같은 구획으로 나뉘어 복잡한 구조로 되어 있어서 유기분자가 자연스럽게 농축될 수 있는 수단을 제공하였을 것으로 생각됩니다.	
	생명의 연속성 관련 범주	진화	
	전시물 내용요소	생명의 기원, 생명 탄생의 조건, 심해열수분출공, 원시지구 환경, 다공성 수산화광물, 유전물질, 화학적 농도차, 유기물, 농축	
	교육과정 연계 관련 스토리텔링 요소	2009 개정 교육과정 관련 단원 중학교1~3학년군 : (2) 지구계와 지권의 변화 (5) 열과 우리 생활 (8) 물질의 구성 (16) 화학 반응에서의 규칙성 (20) 유전과 진화 고등학교 과학 : 제1부-(2) 태양계와 지구 (3) 생명의 진화 제2부-(3) 에너지와 환경 고등학교 생명과학 I: (1) 생명 과학의 이해 고등학교 생명과학 II : (1) 세포와 물질대사 (3) 생물의 진화	
	2009 개정 교육과정 내용요소	원시 지구, 화학 반응과 화학적 진화, 생명의 기본 요소, 원시 생명체의 탄생, 생명의 특성, 물질의 순환과 에너지 흐름, 생명의 기원	

Ⅲ. 진화의 핵심사건 : 생명은 어떻게 복잡해졌을까?

광합성은 원시대기에서 산소의 양을 변화시킴으로서 진화와 매우 밀접한 연관성을 갖는다. 원시 대기에 없던 산소가 광합성으로부터 대기에 이산화탄소가 줄고, 산소가 방출되면서 대기에 오존층을 형성되어 자외선을 막아줌으로서 생물계는 큰 변화를 가져오게 되었다. 산소의 출현은 당시의 생물들에게는 매우 치명적이어서 많은 생물들이 멸종하였지만, 반면에 산소를 이용하여 살아가는 새로운 생물이 출현하는 계기가 되었다. 엽록체에서 빛을 받아들이는 엽록소의 출현은 매우 중요한 진화 단계 중의 하나라고 생각할 수 있다. 초기 지구상에 망간이 풍부하였고 이 망간을 통해서 물을 분해하고 전자를 뽑아낸 것으로 알려져 있다. 현재는 이를 엽록소가 하고 있는데 고등한 식물은 엽록소에 마그네슘을 가지고 있지만, 원시적인 시아노박테리아는 아직도 망간을 가지고 있어 과거와 현재를 연결시켜주고 있다고 볼 수 있다.

진핵세포는 원핵세포와는 달리 복잡한 세포소기관 및 세포골격을 가지고 있어 세포내에서 성격이 다른 활동이 가능하여, 에너지의 생산, 오래된 소기관의 분해, 활성산소의 제거 등 다양한 기능이 가능하게 되었다. 원시 식세포가 세포공생에 의해 미토콘드리아를 획득함으로써 산소를 이용한 에너지 생산의 혁명을 가져왔고, 공생 후 생겨난 이 세포가 광합성세균과의 공생을 통해 엽록체를 획득함으로써 빛에너지를 이용할 수 있게 되었다. 세균은 세균으로 남아있지만 진핵세포는 캄브리아기 대 폭발 같은 큰 변화를 겪어 다양한 생명체로 진화해 왔다.

2009 개정 교육과정에서는 고등학교 과학에서 생명의 탄생과 진화에서 최초의 원핵생물과 이후 진핵생물로의 진화에 대해 다루고 있으므로, 이 전시 코너의 전시물들을 직접적으로 활용할 수 있을 것이다. 각 전시물에서는 모두 살아있는 상태의 현생생물과 현미경, 화석, 자료들을 담은 멀티미디어화면 등을 포함하여, 교과서에서 배우는 내용들을 확장하여 다양한 방법으로 체험해 볼 수 있도록 구성하였다. 특히 과거에 살았던

생물들이 현재에도 우리와 함께 살아가고 있으며, 과거 이러한 생물들로 인해 지구환경이 어떻게 바뀌어 현재에 이르렀는지를 함께 다루도록 구성하였다. 또한 시아노테리아를 생육전시하고, 산소센서를 부착하여 원시 생명체가 광합성을 하였음을 실제로 관찰할 수 있도록 하였으며, 이를 통해 광합성 및 세포소기관과 관련된 학습과도 연계 활용될 수 있도록 구성하였다.

첫 번째 소주제인 광합성 생물과 지구환경의 변화에서는 현재까지 밝혀진 가장 오래된 생명체이자, 현재까지 살아있는 시아노박테리아를 통해 최초 생명체의 광합성의 결과로 생성된 산소가 지구환경과 이후 생물권에 미친 영향을 생각해 볼 수 있도록 전시한다. 진화, 생명의 기원, 세포분열, 광합성, 원핵생물, 엽록소, 시아노박테리아, 스트로마톨라이트, 화석상의 증거, 산소, 오존층, 호기성 등의 핵심요소를 가지며, 중학교 과학, 고등학교 과학, 생명과학 I·II 과 모두 연계된다. 이에 대한 스토리텔링은 <표 22>와 같다.

두 번째 소주제인 ‘원핵생물이 진핵생물로’는 원핵세포와 진핵세포를 비교하고, 원핵생물이 진핵생물로 진화한 것을 뒷받침하는 세포내공생을 다루어 ‘생명은 어떻게 복잡해졌을까?’를 탐구하도록 구성하였다. 핵심 내용으로는 진화, 원핵생물, 진핵세포, 핵, 세포소기관, 세포내 공생, 화석상의 증거가 다루어지도록 하였으며, 중학교 과학, 고등학교 과학, 생명과학 I·II 과 연계된다. 이에 대한 스토리텔링은 <표 23>과 같다.

세 번째 소주제인 ‘단세포 생물이 다세포 생물로’는 하나로 세포였던 최초의 생명체가 어떻게 수많은 세포들의 체계로 이루어진 현재의 다양한 생물에 이르게 되었고, 수많은 세포들의 기능 분화는 어떻게 일어났는지를 탐구하는 전시물로 구성하였다. 핵심 내용요소로는 진화, 세포분열, 생식과 발생, 형질발현, 유전자 발현 조절, 다세포성, 군체, 기능분화, 물질대사, 화석상의 증거를 다루며, 중학교 과학, 고등학교 과학, 생명과학 I·II 과 연계되도록 구성하였다. 이에 대한 스토리텔링은 <표 24>와 같다.

표 22. 「Ⅲ-1. 광합성생물과 지구환경의 변화」 스토리텔링

전시물 분류 Ⅲ-1. 광합성생물과 지구환경의 변화		
스토리텔링 구성 요소	세부 항목	내용
전시물 관련 스토리텔링 요소	전시 주제	광합성생물과 지구환경의 변화
	탐구질문	생명은 어떻게 복잡해졌을까?
	전시의도	현재까지 밝혀진 가장 오래된 생명체이자, 현재까지 살아있는 시아노박테리아를 전시하고, 최초 생명체의 광합성이 지구환경에 미친 영향을 생각해 볼 수 있도록 전시한다.
관람 활동 관련 스토리텔링 요소	전시물 도입을 위한 호기심 유발 예시	지구에 나타난 최초의 생명체는 어떤 모습이었을까요? 호주(Dresser Formation) North Pole Dome Western Australia에서 발견된 이 화석에는 약 34억 9천만 년 전 생물의 모습이 남아있습니다. 스트로마톨라이트의 무늬를 관찰해보고, 수조 안의 시아노박테리아가 산소를 발생하는 모습을 관찰해보세요. 광합성을 하는 엽록소를 찾을 수 있나요?
	관람 포인트 지도 예시	지금까지 발견된 가장 오래된 생물체 흔적은 35억 년 전의 화석에서 발견되었습니다. 이 생물은 엽록소를 가지고 태양에너지를 이용해서 에너지를 만드는 광합성을 할 수 있었습니다. 광합성 덕분에 지구에는 점점 변화가 생기기 시작했습니다. 당시 원핵생물과 유사한 것으로 알려진 시아노박테리아를 관찰하고, 광합성을 통해 생성되는 것이 무엇인지 관찰해 보세요. 이 생물로 인해 지구를 어떻게 변화될 수 있었을까요?
	질문과 답변 예시	Q1. 스트로마톨라이트는 어떻게 형성되었을까요? - 원핵생물의 점액층과 퇴적물 입자가 엉겨서 암석층 사이에 쌓여 형성된 것으로 생각됩니다. Q2. 광합성으로 인한 산소의 생성은 지구환경에 어떤 영향을 주었나요? - 대기 중 산소의 농도가 증가하였고, 오존층이 형성되어 생명체의 폭발적인 증가와 진화의 계기가 되었습니다.
	생명의 연속성 관련 범주	진화
교육과정 연계 관련 스토리텔링 요소	전시물 내용요소	최초의 생명체, 생명의 기원, 광합성, 원핵생물, 엽록소, 시아노박테리아, 스트로마톨라이트, 화석상의 증거, 산소, 오존층, 호기성
	2009 개정 교육과정 관련 단위	중학교 1~3학년군 : (4) 광합성 (10) 기원과 우리 생활 (18) 생식과 발생 (20) 유전과 진화 고등학교 과학 : 제1부-(3) 생명의 진화 제2부-(3) 에너지와 환경 고등학교 생명과학 I : (3) 항상성과 건강 고등학교 생명과학Ⅱ : (1) 세포와 물질대사 (3) 생물의 진화
	2009 개정 교육과정 내용요소	생명의 기본 요소, 원시 생명체의 탄생, 광합성과 대기의 산소, 화석, 지질시대, 원핵세포, 생명의 특성, 세포의 생명활동, 핵, 세포막, 원핵세포와 진핵세포의 비교, 엽록체의 구조와 기능, 명반응, 암반응

표 23. 「Ⅲ-2. 원핵생물이 진핵생물로」 스토리텔링

전시물 분류		Ⅲ-2. 원핵생물이 진핵생물로	
스토리텔링 구성 요소	세부 항목	내용	
전시물 관련 스토리텔링 요소	전시 주제	원핵생물이 진핵생물로	
	탐구질문	생명은 어떻게 복잡해졌을까?	
	전시의도	진핵세포는 원핵세포와 달리 DNA가 핵막 안에 들어있고 막성 세포소기관들을 가지고 있음을 전시하고, 진핵생물 등장 배경으로 세포내 공생설을 소개한다.	
관람 활동 관련 스토리텔링 요소	전시물 도입을 위한 호기심 유발 예시	진핵생물은 언제 지구상에 처음 나타났을까요? 약 21억 년 전의 것으로 보이는 이 화석에는 원시 진핵생물의 모습이 담겨 있습니다. 앞에서 본 시아노박테리아와 다른 특징을 찾아보세요. 단순한 모습의 최초 생명체가 어떻게 복잡한 생물로 진화해 올 수 있었을까요?	
	관람 포인트 지도 예시	진핵생물은 세포 안에 막으로 둘러싸인 핵을 가지고 있어서, 세포질과 핵을 구분할 수 있습니다. 또한 세포질에는 여러 가지 세포 내 소기관도 가지고 있습니다. 진핵생물의 이러한 구조는 어떻게 나타난 것일까요? 진핵생물인 검정말을 관찰하고, 시아노박테리아와의 차이점을 찾아보세요.	
	질문과 답변 예시	<p>Q1. 원핵세포와 진핵세포의 세포 내 구조의 차이는 무엇인가요?</p> <p>- 진핵세포는 막으로 둘러싸인 핵과 세포소기관을 가지고 있지만, 원핵세포는 개별적인 막성 소기관이 없습니다.</p> <p>Q2. 진핵세포는 어떻게 생겨났을까요?</p> <p>- 진핵세포는 원핵세포가 다른 원핵세포에 들어가 공생하면서 미토콘드리아와 엽록체 등의 세포 소기관을 형성하며 진화해 온 것으로 생각됩니다.</p>	
교육과정 연계 관련 스토리텔링 요소	생명의 연속성 관련 범주	진화	
	전시물 내용요소	원핵생물, 진핵세포, 핵, DNA, 막, 세포소기관, 세포내 공생, 막진화설, 엽록체, 미토콘드리아, 화석상의 증거	
	2009 개정 교육과정 관련 단위	<p>중학교 1~3학년군: (4) 광합성 (11) 소화·순환·호흡·배설 (20) 유전과 진화</p> <p>고등학교 과학 : 제1부-(3) 생명의 진화</p> <p>고등학교 생명과학 I : (1) 생명 과학의 이해 (2) 세포와 생명의 연속성</p> <p>고등학교 생명과학Ⅱ : (1) 세포와 물질대사 (3) 생물의 진화</p>	
	2009 개정 교육과정 내용요소	세포막의 구조, 화석, 지질시대, 진핵세포, 생명의 특성, 세포의 생명활동, 핵, 원핵세포와 진핵세포의 비교, 세포질, 세포막, 생체막을 통한 에너지 전환, ATP, 미토콘드리아의 구조와 기능, 해당과정, TCA회로, 전자전달계	

표 24. 「Ⅲ-3. 단세포 생물이 다세포 생물로」 스토리텔링

전시물 분류		Ⅲ-3. 단세포 생물이 다세포 생물로	
스토리텔링 구성 요소	세부 항목	내용	
전시물 관련 스토리텔링 요소	전시 주제	단세포 생물이 다세포 생물로	
	탐구질문	생명은 어떻게 복잡해졌을까?	
	전시의도	단세포생물과 다세포생물의 차이와 다세포생물이 독립적인 세포들이 모여 군체 생활을 했던 단세포원생생물에서 시작되었을 것이라는 내용을 전시한다.	
관람 활동 관련 스토리텔링 요소	전시물 도입을 위한 호기심 유발 예시	우리의 몸은 다양한 종류의 수많은 세포로 이루어져 있습니다. 하나의 세포로 이루어져 있던 초기의 생명체가 어떻게 이렇게 많은 세포로 이루어진 복잡한 생물로 진화해 올 수 있었을까요?	
	관람 포인트 지도 예시	현재까지 발견된 것 중 가장 오래된 다세포생물 화석에는 12억 년에 살았던 생물의 모습이 남아있습니다. 이전까지 화석에서 보이던 단세포 생물과는 달리 다세포생물은 많은 세포로 이루어져 있습니다. 초기의 단세포생물은 어떻게 복잡한 몸을 가지게 되었을까요?	
	질문과 답변 예시	<p>Q1. 다세포생물은 어떻게 나타났을까요?</p> <p>- 다세포생물은 군체를 이루어 살아가는 단세포생물들로부터 진화했을 것이라고 생각됩니다.</p> <p>Q2. 세포분화란 무엇인가요?</p> <p>- 처음에는 다양한 세포로 될 수 있는 운명을 갖는 세포들이 유전자의 작용을 통해 결정 및 분화 과정을 거쳐 구조와 기능이 다른 세포로 변해가는 것입니다.</p>	
교육과정 연계 관련 스토리텔링 요소	생명의 연속성 관련 범주	진화, 세포분열, 생식과 발생, 형질발현	
	전시물 내용요소	유전자 발현 조절, 다세포성, 군체, 세포분화, 기능분화, 물질대사, 화석상의 증거	
	2009 개정 교육과정 관련 단원	<p>중학교 1~3학년군 (11) 소화·순환·호흡·배설 (20) 유전과 진화</p> <p>고등학교 과학 제1부-(3) 생명의 진화</p> <p>고등학교 생명과학 I (1) 생명 과학의 이해 (2) 세포와 생명의 연속성</p> <p>고등학교 생명과학Ⅱ (1) 세포와 물질대사 (3) 생물의 진화</p>	
	2009 개정 교육과정 내용요소	화석, 지질시대, 진핵세포, 생물의 다양성, 세포분열, 유전자의 복제와 분배, 생명의 특성, 세포의 생명활동, 핵, 유전정보의 특성, 유전자발현의 조절	

IV. 유전자와 변이: 생명은 어떻게 이어져 온 것일까?

진화적인 관점으로 볼 때 DNA의 가장 중요한 점은 부모와 자식 간의 세대를 이어준다는 것이다. 생명체가 진화를 거듭하여 유전물질이 오늘날 내 몸으로 전달되었고, 지구상에 생명체가 사라지지 않는 한 계속 전달될 것이다. 지구상의 모든 생명체들이 DNA를 유전물질로 받아들인 공통조상으로부터 나왔다는 것은 DNA 속의 유전암호를 풀어가는 방법이 기본적으로 동일하다는 것에서 알 수 있다. 유전암호는 세 개의 염기서열이 하나의 아미노산을 암호화 하고 있는데 이 때 사용하는 암호는 세균과 사람에서 모두 같다.

DNA의 또 다른 놀라운 능력은 한 개의 세포로 이루어진 수정란이 세포분열을 통해 세포의 수가 증가하며, 처음에는 다양한 세포로 될 수 있는 운명을 가진 세포들이 유전자의 작용을 통해 결정 및 분화 과정을 거쳐 구조와 기능이 다른 세포들로 변하게 되는 것에서 찾을 수 있다. 이러한 분화된 세포들이 조직을 이루고 기관 및 기관계를 형성하여 하나의 완전한 기능을 하는 생명체를 형성하게 된다. 이러한 과정은 오로지 배아 자체에 있는 유전정보를 이용하여 발생을 한 결과로, 이러한 유전자에 의한 발생 과정은 모든 동물에서 관찰되며, 식물이나 세균에서도 생식과 발생 과정이 유전자의 작용을 통해서 일어나게 된다.

DNA가 진화적으로 매우 중요한 또 다른 이유는 변이의 원천을 제공해 준다는 것이다. DNA의 염기서열이 바뀌거나 염색체의 구조나 수가 변함으로 인해 새로운 변이가 만들어지고 이러한 변이들이 환경의 변화에 따른 자연선택을 통해 살아남거나 죽는 과정이 일어나게 된다. 그 과정이 오랜 시간 동안 반복되면, 유전자 풀이 변하고 기존 그룹과는 생식이 불가능한 새로운 종으로의 분화가 일어나게 된다.

유전자와 변이 코너에서는 DNA에 담긴 유전정보의 전달과 복제 및 발현 과정에서 나타나는 변이로 인한 다양한 표현형, 그리고 그로 인한 생물의 진화를 다루고자 하였다. 따라서 발생-유전-형질발현-진화와 관

련된 내용요소들이 이 코너의 전시물과 관련될 수 있도록 하였으며, 특히 형식 교육에서 다루는 유전과 형질발현 학습이 어려운 대표적인 원인으로 알려진 비가시적이고 추상적인 개념이라는 점을 해소하기 위하여 유전, 발생, 유전자와 형질발현을 연계하여 이해할 수 있는 생육 전시물을 배치하였으며, 체험적 요소를 통해 관람자들이 유전자의 발현을 눈에 보이는 결과로 받아들일 수 있도록 내용을 구성하는데 중점을 두었다. 내용면에서는 교육과정에서도 생명의 연속성과 관련하여 중점적으로 다루어지는 유전과 형질발현을 중심으로 하였으므로, 형식교육과 직접적인 연계가 가능하다.

유전자와 변이의 첫 번째 소주제인 ‘DNA에서 생명으로’는 세포부터 염색체, 뉴클레오솜, DNA 이중나선, 뉴클레오티드까지 점차 확대되는 모형과 영상, 그리고 실제 DNA를 통해 생물의 유전정보를 간직하고 있는 DNA의 구조와 기능을 탐구하도록 구성하였다. 유전, 세포분열, 형질발현, 진화, 염색체, 유전자, 핵, 세포주기, DNA의 구조와 기능, 복제, 전사, 번역, 단백질, RNA중합효소 등의 핵심 내용요소와 관련된다. 이에 대한 스토리텔링은 <표 25>와 같다.

두 번째 전시물인 ‘작은 차이 큰 변화’는 정상 적혈구과 겸형적혈구의 표현형 차이를 결정하는 염기서열 변이를 통해 DNA에 담긴 생명정보가 발현되는 과정에서 변이가 생길 수 있으며, 그 결과로 완전히 다른 표현형이 나타날 수도 있음을 전시하도록 구성하였다. 유전, 형질발현, 진화, 유전자 변이, 염기, 아미노산, 번역, 유전질환, 순환, 겸형적혈구를 핵심 내용요소로 가지며, 중학교 과학, 고등학교 과학, 생명과학 I·II 과 연계된다. 관련 스토리텔링은 <표 26>과 같다.

표 25. 「IV-1. DNA에서 생명으로」 스토리텔링

전시물 분류		IV-1. DNA에서 생명으로
스토리텔링 구성 요소	세부 항목	내용
전시물 관련 스토리텔링 요소	전시 주제	DNA에서 생명으로
	탐구질문	생명은 어떻게 이어져 온 것일까?
	전시의도	세포에서 DNA까지 점차 확대되는 모형과 이와 연계되는 영상을 통해 생명을 이루는 유전정보를 담고 있는 DNA가 어떻게 구성되어 있고, 어떻게 생명 정보를 전달할 수 있는지를 전시한다.
관람 활동 관련 스토리텔링 요소	전시물 도입을 위한 호기심 유발 예시	DNA에는 생명체의 생명정보가 담겨져 있습니다. DNA는 어떻게 생겼을까요? DNA에 담겨있는 정보는 어떻게 이용될 수 있을까요? 전시되어 있는 실제 DNA를 보세요. 이렇게 작은 DNA는 생명 정보를 어떻게 전달할까요?
	관람 포인트 지도 예시	생물의 유전물질인 DNA는 부모와 자손 세대를 이어주고, 변이의 원천을 제공하는 등 진화의 핵심물질입니다. 세포의 DNA는 간기에 복제되고, 분열기에 염색체 형태로 세포분열을 하여, 딸세포에 똑같이 나뉘어 전달됩니다. 각 시기마다 세포 안의 핵에 DNA가 어떤 모습으로 들어있고, 어떤 일을 할까요? 세포부터 염색체, 뉴클레오솜, DNA 이중나선, 뉴클레오티드까지 점차 확대되는 모형과 영상, 그리고 실제 DNA를 통해 생물의 유전정보를 간직하고 있는 DNA의 구조와 기능을 살펴봅시다.
	질문과 답변 예시	Q1. DNA를 이루는 염기에는 어떤 것들이 있나요? - A, T, G, C의 4 종류가 있습니다. Q2. DNA의 방향성의 문제 때문에 나타나는 복제 과정에서의 특징은 무엇인가요? - 한 쪽은 연속적으로, 다른 한 쪽은 불연속적으로 복제됩니다.
교육과정 연계 관련 스토리텔링 요소	생명의 연속성 관련 범주	생식과 발생, 유전, 세포분열, 형질발현
	전시물 내용요소	염색체, 유전자, DNA, 핵, 세포주기, DNA의 구조와 기능, 복제, 전사, 번역, 단백질, RNA중합효소
	2009 개정 교육과정 관련 단원	중학교 1~3학년군 (18) 생식과 발생 (20) 유전과 진화 고등학교 과학 제1부-(3) 생명의 진화 고등학교 생명과학 I (2) 세포와 생명의 연속성 고등학교 생명과학II (2) 유전자와 생명 공학 (3) 생물의 진화
	2009 개정 교육과정 내용요소	DNA, 단백질, 유전자와 염색체, 유전 암호, 유전자의 복제와 분배, 세포주기와 세포분열, 유전자, 염색체, 핵, 유전정보의 특성, DNA의 복제, 유전형질의 발현

표 26. 「IV-2. 작은 차이 큰 변화」 스토리텔링

전시물 분류	IV-2. 작은 차이 큰 변화	
스토리텔링 구성 요소	세부 항목	내용
전시물 관련 스토리텔링 요소	전시 주제	작은 차이 큰 변화
	탐구질문	생명은 어떻게 이어져 온 것일까?
관람 활동 관련 스토리텔링 요소	전시의도	DNA에 담긴 생명정보가 발현되는 과정에서 변이가 생길 수 있으며, 그 결과로 완전히 다른 표현형이 나타날 수도 있음을 전시한다.
	전시물 도입을 위한 호기심 유발 예시	사람의 혈액이 붉은 이유를 알고 있나요? 그것은 적혈구 속에 들어있는 헤모글로빈 때문입니다. 그런데 헤모글로빈에 대한 정보를 가지고 있는 헤모글로빈 유전자에 변이가 생기면 어떤 일이 일어날까요?
	관람 포인트 지도 예시	DNA에 담긴 생명 정보가 생명 활동에 이용되기 위해서는 복제, 전사, 번역 등의 특별한 과정을 거쳐야 합니다. 그런데 이 과정 중에 변이가 생기면 어떻게 될까요? 사람의 헤모글로빈을 예로 들어 DNA에 돌연변이가 생기면 어떤 일이 일어나는지 함께 알아봅시다.
	질문과 답변 예시	Q1. 헤모글로빈의 역할은 무엇인가요? - 산소 분자가 결합한 형태로 혈관을 따라 이동하면서 사람의 온 몸에 산소를 운반합니다. Q2. 겸형적혈구 빈혈증은 헤모글로빈 유전자 염기 하나가 변해서 이로부터 만들어지는 아미노산 서열이 변하면서 단백질 구조가 달라졌기 때문에 나타납니다. 몇 번째 아미노산이 어떻게 변형되어 일어날까요? - 헤모글로빈을 구성하는 두 사슬 가운데 β사슬의 6번째 아미노산인 글루탐산이 발린으로 바뀌어서 일어나게 됩니다.
교육과정 연계 관련 스토리텔링 요소	생명의 연속성 관련 범주	유전, 형질발현, 진화
	전시물 내용요소	유전자, 변이, 염기, 아미노산, 번역, 유전질환, 순환, 겸형적혈구, 헤모글로빈
	2009 개정 교육과정 관련 단원	중학교 1~3학년군 (18) 생식과 발생 (20) 유전과 진화 고등학교 과학 제1부-(3) 생명의 진화 고등학교 생명과학 I (2) 세포와 생명의 연속성 고등학교 생명과학Ⅱ (1) 세포와 물질대사 (2) 유전자와 생명공학 (3) 생물의 진화
	2009 개정 교육과정 내용요소	유전자와 염색체, 유전암호, 유전자의 복제와 분배, 유전자, 염색체, 유전형질, 유전형질의 발현, 유전정보의 특성, DNA의 복제, 유전형질의 발현, 변이

세 번째 전시물은 ‘줄무늬와 피부 색소 유전자’이다. 제브라피시의 멜라닌 색소 세포 유전자 발현 과정에 나타난 돌연변이로 인해 줄무늬가 희미해진 돌연변이 표현형을 관찰하고, 현생 인류 중 백인종의 약 1/3이 이러한 유전자 돌연변이를 가지고 있다는 연구 결과를 통해 제브라피시와 사람이 유사한 유전자가 존재함을 탐구할 수 있도록 구성하였다. 관련 핵심 내용요소로는 유전, 생식과 발생, 형질발현, 진화, 유전자 변이, 공통조상, 중간 유사성, 보존된 염기서열, 생물다양성, 멜라닌 색소 세포 유전자, 효소, 돌연변이체 연구 등이 있으며, 중학교 과학, 고등학교 과학, 생명과학 I·II과 연계된다. 이에 대한 스토리텔링은 <표 27>과 같다.

네 번째 전시물인 ‘돌연변이 초파리’는 대립유전자의 변이로 인해 나타난 다양한 표현형의 돌연변이 초파리들을 관찰하고, 이를 통해 유전자의 변이가 다양한 표현형을 유발할 수 있음을 체험할 수 있도록 구성하였다. 관련 핵심 내용요소로는 유전, 형질발현, 생식과 발생, 진화, 돌연변이, 상동염색체, 대립유전자, 유전자 변이, 표현형, 염색체 이상, 돌연변이체 연구 등이 있으며, 중학교 과학, 고등학교 과학, 생명과학 I·II과 연계된다. 돌연변이 초파리에 관한 스토리텔링은 <표 28>과 같다.

‘유전자에 담긴 공통조상의 증거’는 발생 조절의 핵심 유전자인 혹스 유전자의 발현 조절이 동물의 신체 패턴을 결정하며, 이것이 대부분의 동물에서 거의 동일하게 보존되어 있는 것을 통해 공통조상의 존재를 탐구할 수 있도록 구성한다. 생식과 발생, 유전, 형질발현, 진화, 진화발생생물학, 공통조상, 보존된 염기서열, 발생의 핵심유전자, 혹스 유전자, 유전자 변이, 유전자 발현 및 조절, 돌연변이체 연구 등을 핵심 내용요소로 갖도록 하였으며, 중학교 과학, 고등학교 과학, 생명과학 I·II과 연계된다. 이를 구체화 한 스토리텔링은 <표 29>와 같다.

표 27. 「IV-3. 줄무늬와 피부 색소 유전자」 스토리텔링

전시물 분류			IV-3. 줄무늬와 피부 색소 유전자
스토리텔링 구성 요소	세부 항목	내용	
전시물 관련 스토리텔링 요소	전시 주제	줄무늬와 피부 색소 유전자	
	탐구질문	생명은 어떻게 이어져 온 것일까?	
관람 활동 관련 스토리텔링 요소	전시의도	제브라피시 색소 돌연변이를 통해 사람과 제브라피시 유전자의 유사성이 밝혀진 연구 결과를 전시한다.	
	전시물 도입을 위한 호기심 유발 예시	제브라피시(학명: <i>Danio rerio</i>)의 줄무늬는 피부 멜라닌 색소 유전자와 관계 됩니다. 사람도 이와 유사한 유전자를 가지고 있는 것으로 알려져 있습니다. 만약 이 유전자의 발현 과정에 변이가 생기면 어떻게 될까요?	
교육과정 연계 관련 스토리텔링 요소	관람 포인트 지도 예시	제브라피시는 이름처럼 얼룩줄무늬를 가지고 있습니다. 수조 안의 제브라피시를 관찰해 보세요. 정상인 제브라피시와 함께 있는 돌연변이 제브라피시를 찾을 수 있나요? 이 제브라피시에게는 무슨 일이 있었을까요?	
	질문과 답변 예시	Q1. 제브라피시의 줄무늬는 왜 나타날까요? - 피부의 멜라닌 세포에 관여하는 유전자의 발현을 통해 줄무늬가 나타나게 됩니다. Q2. 타이로시네이즈의 역할은 무엇인가요? - 멜라닌 색소 세포 유전자의 발현을 돕는 역할을 하는 효소입니다.	
교육과정 연계 관련 스토리텔링 요소	생명의 연속성 관련 범주	유전, 생식과 발생, 형질발현, 진화	
	전시물 내용요소	유전자, 변이, 공통조상, 종간 유사성, 보존된 염기서열, 생물다양성, 멜라닌 색소 세포 유전자, 효소, 돌연변이체 연구	
	2009 개정 교육과정 관련 단원	중학교 1~3학년군 (18) 생식과 발생 (20) 유전과 진화 고등학교 과학 제1부-(3) 생명의 진화 고등학교 생명과학 I (2) 세포와 생명의 연속성 고등학교 생명과학 II (2) 유전자와 생명 공학 (3) 생물의 진화	
	2009 개정 교육과정 내용요소	DNA, 단백질, 유전자와 염색체, 유전 암호, 유전자의 복제와 분배, 유전자, 염색체, 유전형질, 유전형질의 발현, 유전정보의 특성, DNA의 복제, 유전형질의 발현, 유전자 발현의 조절, 생명공학의 기술과 이용, 변이, 종의 분화	

표 28. 「IV-4. 돌연변이 초파리」 스토리텔링

전시물 분류	IV-4. 돌연변이 초파리	
스토리텔링 구성 요소	세부 항목	내용
전시물 관련 스토리텔링 요소	전시 주제	돌연변이 초파리
	탐구질문	생명은 어떻게 이어져 온 것일까?
	전시의도	대립 유전자의 변이로 나타난 다양한 돌연변이 초파리의 관찰을 통해 유전자 변이가 다양한 표현형을 유발할 수 있음을 전시한다.
관람 활동 관련 스토리텔링 요소	전시물 도입을 위한 호기심 유발 예시	빨간 눈을 가지고 우리 주변에서 함께 살아가고 있는 초파리는 사람보다 적은 수의 유전자를 가지고 있으면서도 돌연변이의 종류는 다양해서 생물 연구에 많이 이용되는 생물입니다. 대립유전자의 변이로 인해 다양한 눈 색깔을 가지게 된 초파리를 만나볼까요?
	관람 포인트 지도 예시	대립유전자의 변이로 나타난 다양한 초파리를 관찰해 보세요. 어떻게 이런 차이가 나타날 수 있을까요?
	질문과 답변 예시	Q1. 초파리의 <i>white</i> 유전자의 기능은 무엇인가요? - <i>white</i> 유전자는 초파리 눈의 색소(pigment)를 만드는 과정에 관여합니다. Q2. 대립유전자란 무엇인가요? - 대립유전자는 보통 염색체의 같은 위치에 존재하지만 형태에 여러 가지 변형이 일어나면서 차이가 발생한 유전자들을 총칭하는 것으로 이해할 수 있습니다.
교육과정 연계 관련 스토리텔링 요소	생명의 연속성 관련 범주	유전, 형질발현, 생식과 발생, 진화
	전시물 내용요소	돌연변이, 상동염색체, 대립유전자, 유전자, 변이, 표현형, 염색체 이상, 돌연 변이체 연구
	2009 개정 교육과정 관련 단원	중학교 1~3학년군 (18) 생식과 발생 (20) 유전과 진화 고등학교 과학 제1부-(3) 생명의 진화 고등학교 생명과학 I (2) 세포와 생명의 연속성 고등학교 생명과학 II (2) 유전자와 생명 공학 (3) 생물의 진화
	2009 개정 교육과정 내용요소	DNA, 단백질, 생물다양성, 유전자와 염색체, 유전 암호, 유전자의 복제와 분배, 유전자, 염색체, 유전형질, 유전형질의 발현, 유전정보의 특성, DNA의 복제, 유전형질의 발현, 유전자발현의 조절, 생명공학의 기술과 이용, 변이

표 29. 「IV-5. 유전자에 담긴 공통조상의 증거」 스토리텔링

전시물 분류	IV-5. 유전자에 담긴 공통조상의 증거	
스토리텔링 구성 요소	세부 항목	내용
전시물 관련 스토리텔링 요소	전시 주제	유전자에 담긴 공통조상의 증거
	탐구질문	생명은 어떻게 이어져 온 것일까?
	전시의도	발생 조절의 핵심유전자인 혹스 유전자가 초파리와 쥐, 뱀에서 공통적으로 존재하며, 같은 역할을 수행한다는 것이 공통조상의 증거임을 이해할 수 있도록 전시한다.
관람 활동 관련 스토리텔링 요소	전시물 도입을 위한 호기심 유발 예시	쥐와 뱀은 겉모습도 많이 다르고, 골격의 모습도 다르게 생겼습니다. 쥐는 가슴부위에만 갈비뼈를 가지지만, 뱀은 가슴부터 꼬리에 이르기까지 모두 갈비뼈를 가지고 있지요. 쥐의 갈비뼈를 만드는 유전자와 뱀의 갈비뼈를 만드는 유전자는 다를까요?
	관람 포인트 지도 예시	쥐는 사람과 같이 등 쪽에 척추를 가지고 있는 대표적인 척추동물 포유류이고, 뱀은 척추동물 파충류입니다. 쥐와 뱀은 겉모습은 매우 다르게 진화했지만, 몸의 체형을 결정하는 데 관여하는 같은 유전자를 가지고 있습니다. 어떻게 알 수 있었을까요?
	질문과 답변 예시	Q1. 혹스 유전자의 역할은 무엇인가요? - 동물의 신체 패턴을 결정합니다. Q2. 쥐의 혹스 10유전자를 흥부에서 발현시키면 어떤 표현형이 나타날 것으로 예상되나요? - 흥부도 복부와 마찬가지로 갈비뼈가 형성되지 않을 것입니다.
교육과정 연계 관련 스토리텔링 요소	생명의 연속성 관련 범주	생식과 발생, 유전, 형질발현, 진화
	전시물 내용요소	공통조상, 보존된 염기서열, 발생의 핵심유전자, 혹스 유전자, 변이, 유전자 발현 및 조절, 돌연변이체 연구, 이보디보
	2009 개정 교육과정 관련 단원	중학교 1~3학년군 (18) 생식과 발생 (20) 유전과 진화 고등학교 과학 제1부-(3) 생명의 진화 고등학교 생명과학 I (2) 세포와 생명의 연속성 고등학교 생명과학Ⅱ (2) 유전자와 생명 공학 (3) 생물의 진화
	2009 개정 교육과정 내용요소	DNA, 단백질, 유전자와 염색체, 유전 암호, 유전자의 복제와 분배, 유전자, 염색체, 유전형질, 유전형질의 발현, 유전정보의 특성, 유전형질의 발현, 유전자발현의 조절, 생명공학의 기술과 이용, 변이, 종의 분화

표 30. 「IV-6. 가깝고도 먼 너와 나」 스토리텔링

전시물 분류	IV-6. 가깝고도 먼 너와 나	
스토리텔링 구성 요소	세부 항목	내용
전시물 관련 스토리텔링 요소	전시 주제	가깝고도 먼 너와 나
	탐구질문	생명은 어떻게 이어져 온 것일까?
	전시의도	DNA와 진화의 역사를 이해할 수 있도록 중간 염기서열을 비교하면서 진화에 따른 중간 연관성을 이해한다.
관람 활동 관련 스토리텔링 요소	전시물 도입을 위한 호기심 유발 예시	DNA 염기서열의 변이가 쌓이면 점점 더 큰 차이를 만들 수 있습니다. 오랜 시간이 지나면 더 많이 달라지므로, 염기서열이 비슷할수록 진화적으로 더 가까운 생물입니다. 그렇다면 고래와 가장 가까운 동물은 누구일까요?
	관람 포인트 지도 예시	생물의 DNA 염기서열을 비교분석하면 어떤 동물이 다른 동물과 더 가깝거나 먼 관계에 있는지를 밝혀낼 수 있습니다. 염기서열이 비슷할수록 진화적으로 가까운 관계에 있다고 할 수 있습니다.
	질문과 답변 예시	Q1. 동물의 유연관계를 판단하기 위해 사용하는 분자생물학적 기법은 무엇 인가요? - 염기서열분석법입니다. Q2. 화면에 제시된 동물 중에서 고래와 진화적으로 가장 가까운 동물은 어떤 것인가요? - 하마입니다.
교육과정 연계 관련 스토리텔링 요소	생명의 연속성 관련 범주	유전, 생식과 발생, 형질발현, 진화
	전시물 내용요소	염기서열 비교, 계통도, 유연관계, 공통조상, 보존된 염기서열, 종 분화, PCR, 이보디보, 생물의 분류
	2009 개정 교육과정 관련 단원	중학교 1~3학년군 (18) 생식과 발생 (20) 유전과 진화 고등학교 과학 제1부-(3) 생명의 진화 고등학교 생명과학 I (2) 세포와 생명의 연속성 고등학교 생명과학 II (2) 유전자와 생명 공학 (3) 생물의 진화
	2009 개정 교육과정 내용요소	DNA, 단백질, 생물의 다양성, 유전자와 염색체, 유전 암호, 유전자의 복제와 분배, 유전자, 염색체, 유전형질, 유전형질의 발현, 유전정보의 특성, DNA의 복제, 유전형질의 발현, 유전자발현의 조절, 생명공학의 기술과 이용, 생물 분류 체계, 변이, 종의 분화

여섯 번째 소주제인 ‘가깝고도 먼 너와 나’는 DNA 염기서열의 비교 분석을 통해 생물의 유연관계를 알아낼 수 있음을 체험하고, 이러한 실험 과정을 심화 정보에서 확인할 수 있도록 구성하였다. 관련 핵심 내용 요소는 유전, 생식과 발생, 형질발현, 진화, 염기서열 비교, 계통도, 유연관계, 공통조상, 진화발생생물학, 보존된 염기서열, 종 분화, PCR이고, 중학교 과학, 고등학교 과학, 생명과학 I·II과 연계된다. 관련 스토리텔링은 <표 30>과 같다.

V. 성과 유전적 조합 : 성의 출현은 어떤 변화를 가져왔을까?

성의 출현은 변이의 증가와 매우 밀접한 관계가 있으며, 지구상에서 종의 다양성이 폭발적으로 증가하는데 중요한 역할을 하였다. 성이 출현하면서 생식세포를 만들어내는 과정이 도입되었다. 진핵세포는 두 벌의 유전체를 갖고, 부와 모는 각각 한 벌씩 자손에게 전달함으로서 유전자가 섞이게 된다. 즉, 자손이 만들어지는 과정에서 변이가 증가하게 된다. 변이는 진화가 이루어지기 위한 필수적인 요소를 제공한다. 환경의 변화에 따라 그 환경에 잘 적응할 수 있는 변이가 존재하면 멸종하지 않고 환경에 적응하는 새로운 유전자 풀을 갖는 집단이 존재하게 되고, 궁극적으로 종분화의 길로 갈 수 있을 것이다. 유전자의 교환을 통한 변이의 증가 현상은 진핵세포에서만 일어나는 것이 아니고 박테리아에서도 서로간의 접합이나 형질전환, 혹은 바이러스를 통해 유전자를 교환하는 현상이 나타난다. 즉, 유전자의 교환을 통한 변이는 모든 생명체에 나타나는 공통된 현상이며, 진핵세포에서 좀 더 고등한 생물로 갈수록 유전자의 교환 기작이 정교하게 발달하게 된 것이다.

생식에 관한 내용은 제1차 교육과정부터 현재까지 지속적으로 등장해 온 주요 주제이자, 생명의 연속성의 핵심적인 내용요소이다. 교육과정에서는 생명의 연속성 관련 내용요소 중 가장 먼저 등장하며, 다른 내용 범주와는 달리 중학교 과학에서도 변동 없이 지속적으로 다루어져 왔다.

그러나 ‘생식과 발생’이라는 단원명을 가지는 시기에도 발생에 관한 내용 요소의 비중은 매우 낮았으며, 생식 관련 내용에 치우쳐서 다루어져 왔으며, 제6차 교육과정부터는 사람의 생식과 발생으로 범위가 축소되어 왔다. 2009 개정 교육과정에서는 그마저도 축소되어 고등학교 과정에서는 생식과 발생 관련 내용을 찾아보기 어려운 상황이 되었다. 그러나 생식과 발생은 생명체의 핵심적인 특성이면서, 생물이 생명의 연속성을 갖게 되는 필수적인 현상이다. 따라서 생식과 발생은 생명의 연속성을 통합적으로 이해하기 위해 필수적으로 다루어져야 하는 내용요소이다. 본 전시 코너에서는 생식과 발생의 이러한 중요성과 함께 유전 및 진화와 생식과 발생이 어떻게 연계되는지를 살아있는 생물들의 관찰을 통해 학습할 수 있도록 구성하였다. 이 부분은 2009개정 교육과정에서는 중학교 생명과학 영역에서 주로 다루어짐을 반영하여 고등학교뿐만 아니라 중학교 수준에서도 충분히 연계가 가능한 내용과 수준으로 구성하였다.

첫 번째 소주제인 ‘무성생식’은 무성생식에서는 배우자가 합쳐지지 않고 자신의 모든 유전자의 복사본을 자손에게 전달하므로, 자손들은 유전적으로 동일한 개체의 집단이 됨을 이해하고, 무성생식의 장단점을 탐구할 수 있도록 구성하였다. 생명의 연속성 내용 범주로는 세포분열, 생식과 발생, 유전, 진화와 관련되며, 핵심 내용요소로 무성생식, 체세포분열, 유전자를 가지며, 중학교 과학, 고등학교 과학, 생명과학 I·II의 관련 학습내용들과 연계될 수 있도록 구성하였다. 관련 스토리텔링은 <표 31>과 같다.

두 번째 소주제인 ‘유성생식’은 생식세포형성을 통해 만들어진 다양한 생식세포가 또 다시 다양하게 조합되어 수많은 종류의 자손을 만들 수 있는 유성생식의 원리를 탐구하고, 유성생식의 장점을 이해할 수 있도록 구성하였다. 세포분열, 생식과 발생, 유전, 진화, 무성생식, 체세포분열, 유전정보의 내용요소들과 관련되며, 중학교 과학, 고등학교 과학, 생명과학 I·II과 연계되도록 구성하였다. 이에 대한 내용은 <표 32>와 같다.

표 31. 「V-1. 무성생식」 스토리텔링

전시물 분류	V-1. 무성생식	
스토리텔링 구성 요소	세부 항목	내용
전시물 관련 스토리텔링 요소	전시 주제	무성생식
	탐구질문	성의 출현은 어떤 변화를 가져왔을까?
	전시의도	무성생식은 하나의 개체로부터 자손이 생기는 현상으로, 자신의 유전자가 온전하게 복제되어 자손에게 전달되는 방식임을 전시한다.
관람 활동 관련 스토리텔링 요소	전시물 도입을 위한 호기심 유발 예시	성이 없는 생물들은 무성생식을 통해 번식합니다. 무성생식은 유전정보를 그대로 복제합니다. 무성생식을 통해 나타나는 자손들은 어떤 유전정보를 가지게 될까요?
	관람 포인트 지도 예시	생물은 생식을 통해 자신의 유전자를 자손에게 전달하고, 자손은 또 그 자손에게 유전자를 전달하게 됩니다. 이렇게 생명 정보는 생식을 통해 연속적으로 대를 이어 전달되지요. 성 구분이 없는 생물들은 무성생식을 통해 자손에게 유전 정보를 전달합니다. 유성생식과 무성생식은 무엇이 다를까요?
	질문과 답변 예시	Q1. 무성생식의 장점은 무엇인가요? - 환경이 좋은 상태에서는 매우 간단하고도 효과적인 방식으로 빠른 속도로 자손의 수를 늘려갈 수 있습니다. Q2. 무성생식의 단점은 무엇인가요? - 모두 동일한 유전정보를 가지고 있으므로 환경의 변화에 따라 전멸의 가능성을 가지고 있습니다.
	생명의 연속성 관련 범주	세포분열, 생식과 발생, 유전, 진화
교육과정 연계 관련 스토리텔링 요소	전시물 내용요소	무성생식, 체세포분열, 유전자. 출아법, 이분법
	2009 개정 교육과정 관련 단원	중학교 1~3학년군 (18) 생식과 발생 (20) 유전과 진화 고등학교 과학 제1부-(3) 생명의 진화 고등학교 생명과학 I (2) 세포와 생명의 연속성 고등학교 생명과학 II (2) 유전자와 생명 공학 (3) 생물의 진화
	2009 개정 교육과정 내용요소	유전자와 염색체, 유전 암호, 세포분열, 유전자의 복제와 분배, 생식을 통한 유전자 전달, 세포주기와 세포분열, 유전자, 염색체, 유전형질, 유전형질의 발현, 유전정보의 특성, DNA의 복제, 유전형질의 발현

표 32. 「V-2. 유성생식」 스토리텔링

전시물 분류	V-2. 유성생식	
스토리텔링 구성 요소	세부 항목	내용
전시물 관련 스토리텔링 요소	전시 주제	유성생식
	탐구질문	성의 출현은 어떤 변화를 가져왔을까?
	전시의도	다양한 환경에 적응력을 가진 다양한 개체를 만드는 유성생식의 장점과 감수분열에 의한 유전적 조합 과정을 전시한다.
관람 활동 관련 스토리텔링 요소	전시물 도입을 위한 호기심 유발 예시	성을 가진 생물들은 암 배우자와 수 배우자 사이의 유성생식을 통해 번식을 합니다. 생물은 왜 성을 갖게 되었을까요?
	관람 포인트 지도 예시	성을 가지고 있는 진핵생물들은 유성생식을 통해 자손에게 유전정보를 전달합니다. 유성생식을 위해서는 부모가 모두 필요합니다. 부모는 자기가 가진 유전 정보의 절반만 담은 생식세포를 만들고, 암수의 생식세포가 결합하여 온전한 한 세트가 자손에게 전달됩니다. 이 과정에서 수많은 다양한 조합이 일어날 수 있습니다. 이 다양한 조합은 어떤 장점을 가지고 있을까요?
	질문과 답변 예시	Q1. 유성생식의 장점은 무엇인가요? - 자손의 유전적 다양성을 증가시킨다는 장점이 있습니다. Q2. 유성생식의 진화적 의미는 무엇인가요? - 유성생식으로 염색체 조합 및 유전자 재조합이 일어나 결국 진화에 필요한 원재료인 변이가 만들어져서 지구상에 다양한 생명체가 큰 폭으로 증가할 수 있는 기초가 형성되었습니다.
교육과정 연계 관련 스토리텔링 요소	생명의 연속성 관련 범주	세포분열, 생식과 발생, 유전, 진화
	전시물 내용요소	진핵생물, 감수분열, 생식세포 형성, 염색체 재조합, 유전적 다양성, 염색체, 가계도, 생물다양성, 성, 교차
	2009 개정 교육과정 관련 단원	중학교 1~3학년군 (18) 생식과 발생 (20) 유전과 진화 고등학교 과학 제1부-(3) 생명의 진화 고등학교 생명과학 I (2) 세포와 생명의 연속성 고등학교 생명과학Ⅱ (2) 유전자와 생명 공학 (3) 생물의 진화
	2009 개정 교육과정 내용요소	유전자와 염색체, 유전 암호, 세포분열, 유전자의 복제와 분배, 생식을 통한 유전자 전달, 세포주기와 세포분열, 유전자, 염색체, 멘델법칙, 유전형질, 유전형질의 발현, 유전정보의 특성, DNA복제, 유전형질의 발현, 변이

표 33. 「V-3. 영차영차 집게발」 스토리텔링

전시물 분류	V-3. 영차영차 집게발	
스토리텔링 구성 요소	세부 항목	내용
전시물 관련 스토리텔링 요소	전시 주제	영차영차 집게발
	탐구질문	성의 출현은 어떤 변화를 가져왔을까?
	전시의도	수컷 농게의 한 쪽 집게발은 왜 클까? 라는 호기심과 함께 농게의 행동이 번식의 성공을 높이기 위한 행동임을 이해하면서, 형질 진화를 이끄는 메커니즘으로 짝의 선택을 이해한다.
관람 활동 관련 스토리텔링 요소	전시물 도입을 위한 호기심 유발 예시	갯벌을 수놓은 농게들을 보세요. 커다란 집게발을 들고 아름다운 춤을 춥니다. 그런데 춤을 추는 농게들이 모두 수컷이라는 것을 알고 있나요? 암컷에게 구애하기 위해 수컷 농게는 자기 몸무게의 1/3 무게이나 되는 커다란 집게발을 들고 춤을 춥니다. 어느 정도의 무게일까요?
	관람 포인트 지도 예시	무성생식은 하나의 개체만으로도 많은 수의 자손이 만들어질 수 있지만, 유성생식은 암수 두 개체가 만나야만 자손이 생길 수 있습니다. 여기 암컷을 만나기 위해 집게다리를 열심히 뽐내는 수컷 농게들이 있습니다. 성선택을 받기 위해 이들이 하는 노력은 어느 정도일까요?
	질문과 답변 예시	Q1. 수컷 농게가 춤을 추는 이유는 무엇인가요? - 집게발을 눈 위로 높이 들고 암컷에게 구애의 신호를 보내기 위해 춤을 춥니다. Q2. 성선택이 주는 이점은 무엇인가요? - 생존에 보다 적합하고 경쟁력 있는 유전자를 자손에게 물려줄 수 있다는 이점이 있습니다.
교육과정 연계 관련 스토리텔링 요소	생명의 연속성 관련 범주	생식과 발생, 형질발현, 진화, 유전
	전시물 내용요소	성선택, 표현형, 유전자, 유성생식, 자연선택
	2009 개정 교육과정 관련 단원	중학교 1~3학년군 (18) 생식과 발생 (20) 유전과 진화 고등학교 과학 제1부-(3) 생명의 진화 고등학교 생명과학 I (2) 세포와 생명의 연속성 고등학교 생명과학Ⅱ (3) 생물의 진화
	2009 개정 교육과정 내용요소	유전자와 염색체, 유전 암호, 세포분열, 유전자의 복제와 분배, 생식을 통한 유전자 전달, 세포주기와 세포분열, 유전자, 염색체, 유전형질, 유전형질의 발현, 자연선택

세 번째 소주제인 ‘영차영차 집게발’은 자기 몸무게의 1/3 무게를 가지는 한쪽만 커다랗게 발달한 집게발을 가지는 수컷 농게의 구애 행동을 통해 유성생식의 결과 더욱 훌륭한 자손이 나올 수 있는 조합이 가능한 개체를 만나고자 하는 성선택과 이로 인한 진화를 탐구할 수 있도록 구성한다. 관련 스토리텔링은 <표 33>과 같다. 핵심 내용요소로는 생식과 발생, 형질발현, 진화, 유전, 성선택, 표현형, 유전자, 유성생식 등이 관련되며, 중학교 과학, 고등학교 과학, 생명과학 I·II와 연계된다. 개체는 생존만으로는 다음 세대에 유전적인 영향을 줄 수 없다. 진화적 관점에서 개체는 더 나은 생존 특성을 가지고 있는 것 보다 풍부한 번식력을 가지고 있는 것이 유전적으로 유리할 수 있다. 다윈은 이렇게 생식적 특성을 통해 개체가 유리하게 되는 과정을 성선택이라고 하였다. 이 전시물에서는 농게의 생육 전시를 통해 암컷과 수컷의 표현형 차이를 관찰하고, 성선택 받기 위한 수컷 농게들이 보이는 행동 특성과 표현형 특징을 멀티미디어 자료와 무게체험 전시물을 통해 체험해보도록 구성하였다. 이는 두 개의 성이 만나야만 자손이 생길 수 있는 유성생식을 하는 생물이기 때문에 이러한 성선택의 수고로움이 발생한다는 점에서 이전 전시물인 유성생식과 연관되며, 또한 암컷이 수컷의 형질에 기반을 두어 배우자를 선택함으로써 인해 자손의 생존가치를 높이는 것은 이후의 전시물에서 다룰 자연선택과도 연결된다.

VI. 환경과 자연선택 : 생명은 자연선택을 통해 어떻게 진화해왔을까?

다윈(Charles Darwin, 1809~1882)의 ‘종의 기원’ 출판은 우리가 진화의 원리를 체계적으로 이해할 수 있는 계기가 되었다. 다윈은 진화를 변형 혈통(descendant with modification) 혹은 변화의 대물림으로 정의하였는데, 지구상에 존재하는 현재의 종들이 오늘날과는 다른 조상 종들로부터 변화가 축적되면서 유래된 후손이라는 것이다. 다윈은 이를 자연선택(natural selection)으로 설명하였다. 즉, 유전되는 특정 형질을 가진 개체

들이 그렇지 않은 개체들보다 더 높은 비율로 생존하고 생식하게 된다는 것이다. 따라서 진화 과정에서 자연의 선택에 의한 적응 과정이 매우 중요하다는 것을 알 수 있다.

이 중주제에서는 전시물을 통해 환경이 진화와 관련이 있음을 이해하도록 한다. 특히 다윈의 핀치새가 환경 변화에 따라 어떻게 선택되어 오늘날과 같은 형태의 부리를 갖는 것으로 진화해 왔는지 살펴보고, 이를 분자적 수준과 연계하여 다윈의 자연선택설을 이해해 보고자 하였다.

자연선택은 진화의 핵심적인 개념임에도 불구하고 우리나라의 교과서에서는 순수한 자연선택에 관한 논의가 부족하고(김학현, 장남기, 2003), 그 비중이 낮으며, 진화를 통합적으로 설명할 수 있는 사례나 설명의 부족함(박재근, 2013)이 선행연구에서 논의된 바 있다. 특히 교육과정에서 진화는 오랫동안 생물학의 한 단원으로서 다른 단원과 분리되어 존재해 왔으며, 교육과정 시기에 따라 생명의 연속성 관련 대단원에서도 분절되었던 바 있다. 즉 우리나라 교육과정에서는 진화가 생물학을 아우르는 통합적인 틀로서 다루어지지 못했다. 본 전시 코너에서는 이러한 교육과정과 연계하여 생물학의 여러 영역, 특히 생명의 연속성이라는 속성을 통합하는 진화의 원리를 나타내기 위하여 진화의 대표적인 사례로 교과서에서도 널리 다루어져 온 핀치의 사례를 이용하였다. 대부분의 교과서에서 다윈 핀치를 단지 자연선택의 한 가지 사례로 제시하고 있으나 핀치에 관한 연구는 현재까지 계속되고 있으며, 그 연구 방식 또한 기존의 생태학적 연구에서 확장되어 다각적으로 이루어져 진화의 통합적인 성격을 보여주는 훌륭한 사례가 될 수 있음을 다양한 전시물을 통해 보여주었다. 교과서에 빈번하게 등장하는 소재를 이용하여 친근감과 활용도를 높이면서, 담고 있는 내용요소는 생명의 연속성의 여러 내용요소와 연계하고, 현대 생물학으로까지 확장하도록 하여 학습자의 통합적 이해를 돕고자 하였다.

본 전시 코너의 또 한 가지 주요 소재인 연체동물의 눈 역시 교육과정에서 등장하며, 시각의 성립과정이나 눈의 구조가 교육과정의 자극과

반응 단원에서 충분히 다루어진다는 점에서 전시의 주요 소재로 선정하였다. 교육과정에서는 사람의 눈의 구조와 그에 따른 시각의 성립 과정을 다루지만, 본 전시 코너에서는 그러한 눈의 구조가 진화의 결과라는 점과 함께 다양한 생물들의 눈의 형태와 구조를 관찰함으로써 가장 좋은 눈이란 복잡한 구조나 뛰어난 해상도를 가진 것이 아니라 자신이 살아가는 환경에 가장 적합하게 적응한 것이라는 진화의 핵심 내용을 담아내고자 하였다. 이렇게 친근한 소재이지만 다양한 관점에서 다루어 학교에서의 학습 내용과 연계하여 통합적인 시각을 가질 수 있도록 전시물들을 구성하였다.

첫 번째 소주제인 ‘다윈과 자연선택’에서는 다윈이 자연선택의 영감을 받은 중요한 장소인 갈라파고스 군도를 소개하고, 자연선택에 관한 다윈의 생각과 자연선택의 의미를 이해할 수 있도록 구성하였다. 핵심 내용요소로는 진화, 자연선택, 변이, 유전, 생식과 발생, 공통조상, 통일성, 다양성, 다윈, 종의 기원, 갈라파고스 군도, 적응, 적합도, 종분화, 인위선택, 품종개량 등을 포함하도록 하였으며, 중학교 과학, 고등학교 과학, 생명과학 I·II 과 연계된다. 관련 스토리텔링은 <표 34>와 같다.

두 번째 소주제인 ‘핀치의 발견’에서는 다윈이 갈라파고스 군도에서 발견한 핀치들이 서로 다른 종이었음을 제시하며, 핀치가 섬의 환경에 따라 다른 형태의 부리를 가지는 것에 영향은 준 것은 무엇인지 탐구하도록 구성하였다. 진화, 유전, 변이, 다윈, 진화론, 자연선택, 환경변화, 적합도, 종분화, 적응, 핀치, 계통도, 갈라파고스 군도가 핵심 내용요소이며, 중학교 과학, 고등학교 과학, 생명과학 I·II 과 연계된다. 이를 구체화 한 스토리텔링은 <표 35>와 같다.

표 34. 「VI-1. 다윈과 자연선택」 스토리텔링

전시물 분류	VI-1. 다윈과 자연선택	
스토리텔링 구성 요소	세부 항목	내용
전시물 관련 스토리텔링 요소	전시 주제	다윈과 자연선택
	탐구질문	생명은 자연선택을 통해 어떻게 진화해왔을까?
	전시의도	다윈이 자연선택의 영감을 받은 중요한 장소인 갈라파고스 군도를 소개하 고, 자연선택에 관한 다윈의 생각과 자연선택의 의미를 이해할 수 있도록 전시한다.
관람 활동 관련 스토리텔링 요소	전시물 도입을 위한 호기심 유발 예시	“...단순한 시작으로부터 매우 아름답고 경이로운 형태들이 수없이 진화해 왔으며, 지금도 진화하고 있다.” 지금으로부터 150여 년 전 다윈은 「종의 기원」을 출판하여 진화가 어떻 게 일어나는지에 대한 주요 메커니즘을 자연선택으로 설명하였습니다. 다윈 이 제시한 자연선택이란 무엇일까요?
	관람 포인트 지도 예시	갈라파고스 군도에서 다윈은 군도를 이루는 각 섬에 사는 생물들이 환경에 따라 차이점이 있는 것을 발견했습니다. 오랫동안 수집하고 기록해온 자료 들을 바탕으로 마침내 ‘종의 기원’을 발표하여 생물의 진화를 주장한 위대 한 과학자가 되었습니다. 그 내용을 살펴봅시다.
	질문과 답변 예시	Q1. 다윈은 생명이 통일성과 다양성을 가진다고 생각하였습니다. 생물은 어 떻게 통일성과 다양성을 가지게 되었을까요? - 다윈은 생명이 통일성을 갖는 이유를 과거의 공통 조상으로부터 내려온 자손들이기 때문이라고 생각하였으며, 후손들이 긴 세월 동안 다양한 서식 처로 흩어져서 환경에 적응하여 다양성이 증가하였다고 생각하였습니다. Q2. 인위선택의 대표적인 예는 무엇이 있을까요? - 식물과 가축의 품종개량
교육과정 연계 관련 스토리텔링 요소	생명의 연속성 관련 범주	진화, 유전, 생식과 발생
	전시물 내용요소	자연선택, 변이, 공통조상, 통일성, 다양성, 다윈, 종의 기원, 갈라파고스 군 도, 적응, 적합도, 종분화, 인위선택, 품종개량
	2009 개정 교육과정 관련 단원	중학교 1~3학년군 (18) 생식과 발생 (20) 유전과 진화 고등학교 과학 제1부-(3) 생명의 진화 고등학교 생명과학 I (2) 세포와 생명의 연속성 (4) 자연 속의 인간 고등학교 생명과학 II (3) 생물의 진화
	2009 개정 교육과정 내용요소	생물의 다양성, 생물과 환경의 상호관계, 개체군과 군집, 환경과의 연계, 생 물 분류 체계, 변이, 자연선택, 유전적 평형, 종의 분화

표 35. 「VI-2. 핀치의 발견: 우리는 모두 달라요」 스토리텔링

전시물 분류	VI-2. 핀치의 발견: 우리는 모두 달라요	
스토리텔링 구성 요소	세부 항목	내용
전시물 관련 스토리텔링 요소	전시 주제	핀치의 발견: 우리는 모두 달라요
	탐구질문	생명은 자연선택을 통해 어떻게 진화해왔을까?
관람 활동 관련 스토리텔링 요소	전시의도	자연선택설의 상징적 사례인 핀치의 부리가 환경에 따라 다른 모습으로 적응하여 살아가는 모습을 전시한다.
	전시물 도입을 위한 호기심 유발 예시	갈라파고스 군도에서 다양한 새를 수집해 온 다윈은 여러 섬에서 수집한 새들이 모두 핀치라는 것을 알게 되었습니다. 이 핀치들은 어떻게 모두 다른 겉모습을 갖게 되었을까요? 부리의 모양에 영향을 준 것은 무엇이었을까요?
	관람 포인트 지도 예시	이 코너에서는 갈라파고스의 핀치에 대해 살펴볼 수 있습니다. 다윈은 갈라파고스 군도에서 다양한 종류의 핀치를 발견했습니다. 처음에는 모두 다른 종류의 새 인줄 알았지만, 사실은 모두 핀치이며, 섬의 환경에 따라 부리가 다른 모습으로 진화한 것이라는 생각을 하게 되었습니다. 어떤 환경 조건이 핀치의 부리 변화에 영향을 주었을까요? 13종의 핀치가 살고 있는 섬의 먹이조건과 핀치의 부리를 비교해보고 먹이에 따라 생존에 유리한 부리 모양에 대해 생각해 봅시다.
	질문과 답변 예시	Q1. 처음 다윈은 왜 채집한 핀치들이 모두 다른 새라고 생각했을까요? - 새 마다 부리 등이 다른 모습을 하고 있었기 때문입니다. Q2. 갈라파고스의 핀치들은 왜 다양한 형태의 부리를 갖게 되었을까요? - 서식하는 환경 조건에 따라 자연선택이 일어났기 때문입니다.
교육과정 연계 관련 스토리텔링 요소	생명의 연속성 관련 범주	진화, 유전, 형질발현
	전시물 내용요소	변이, 다윈, 진화론, 자연선택, 환경변화, 적합도, 중분화, 적응, 핀치, 계통도, 갈라파고스 군도, 지리적 격리
	2009 개정 교육과정 관련 단원	중학교 1~3학년군 (18) 생식과 발생 (20) 유전과 진화 고등학교 과학 제1부-(3) 생명의 진화 고등학교 생명과학 I (2) 세포와 생명의 연속성 (4) 자연 속의 인간 고등학교 생명과학II (2) 유전자와 생명 공학 (3) 생물의 진화
	2009 개정 교육과정 내용요소	생물의 다양성, 유전자, 염색체, 유전형질, 유전형질의 발현, 생물과 환경의 상호관계, 개체군과 군집, 환경과의 연계, 유전형질의 발현, 생물 분류 체계, 변이, 자연선택, 유전적 평형, 종의 분화

표 36. 「VI-3. 핀치의 변화: 무슨 일이 있었을까?」 스토리텔링

전시물 분류	VI-3. 핀치의 변화: 무슨 일이 있었을까?	
스토리텔링 구성 요소	세부 항목	내용
전시물 관련 스토리텔링 요소	전시 주제	핀치의 변화: 무슨 일이 있었을까?
	탐구질문	생명은 자연선택을 통해 어떻게 진화해왔을까?
관람 활동 관련 스토리텔링 요소	전시의도	실제 갈라파고스 군도에서 핀치를 연구한 그랜트부부의 연구과정과 결과를 제시하여 자연선택을 과학적으로 검증한 결과를 전시한다.
	전시물 도입을 위한 호기심 유발 예시	갈라파고스 군도 중의 하나인 다프네 섬은 진화생물학자인 그랜트 부부가 핀치를 연구한 섬으로 유명합니다. 섬의 환경 조건이 핀치의 부리에 영향을 주었을까요? 핀치의 부리가 달라지기까지 무슨 일이 있었을지 생각해 봅시다.
	관람 포인트 지도 예시	다윈의 발견으로 인해 갈라파고스 군도의 각 섬에 사는 핀치는 모두 같은 종이지만 부리 모양이 달라졌다는 것이 알려졌습니다. 이후 여러 과학자들이 섬에서 일어난 자연선택에 대해 연구하였습니다. 그 중에서도 다프네 섬의 핀치에 대한 연구는 다윈의 자연선택을 현대 분자생물학적으로 설명하는 증거가 되었습니다. 다프네 섬에서 일어난 핀치의 과거 이야기를 들어보고, 종이 분화하는 과정을 생각해 봅시다.
	질문과 답변 예시	Q1. 가뭄이 일어난 이후 핀치들의 평균 부리 길이가 길어진 이유는 무엇인가요? -가뭄으로 인해 씨앗의 껍질이 딱딱해져서 상대적으로 길고 큰 부리를 가진 핀치들이 많이 살아남을 수 있었기 때문입니다. Q2. 이제 다프네 섬의 핀치 자손들은 앞으로 계속 같은 길이의 부리를 유지할 수 있을까요? - 환경 조건이 달라지지 않는다면 유사한 길이의 부리를 가질 수도 있겠지만, 환경 변화가 일어나면 부리 길이 역시 또 달라질 수 있습니다.
교육과정 연계 관련 스토리텔링 요소	생명의 연속성 관련 범주	생식과 발생, 유전, 형질발현, 진화
	전시물 내용요소	자연선택, 변이, 환경변화, 진화의 증거, 핀치, 갈라파고스 군도, 다프네 섬, 적합도, 생존율, 종분화, 지리적 격리
	2009 개정 교육과정 관련 단원	중학교 1~3학년군 (18) 생식과 발생 (20) 유전과 진화 고등학교 과학 제1부-(3) 생명의 진화 고등학교 생명과학 I (2) 세포와 생명의 연속성 (4) 자연 속의 인간 고등학교 생명과학II (2) 유전자와 생명 공학 (3) 생물의 진화
	2009 개정 교육과정 내용요소	DNA, 단백질, 생물의 다양성, 유전자의 복제와 분배, 생식을 통한 유전자 전달, 유전자, 염색체, 유전형질, 유전형질의 발현, 생물과 환경의 상호관계, 개체군과 군집, 환경과의 연계, 유전형질의 발현, 변이, 자연선택, 종의 분화

<표 36>의 ‘핀치의 변화: 무슨 일이 있었을까?’는 ‘핀치의 발견’과 연계하여 관람할 수 있는 전시물이 되도록 구성하였다. 실제 갈라파고스 군도에서 30여 년 동안 머무르며 핀치의 분화를 연구한 과학자들의 연구 과정을 멀티미디어와 음향을 통해 간접 체험해 봄으로써 한 종의 핀치가 여러 종의 핀치로 분화되기까지 어떤 일들이 있었는지를 탐구해볼 수 있도록 구성하였다. 생식과 발생, 유전, 형질발현, 진화 범주와 관련되며, 핵심 요소로는 변이, 자연선택, 종분화, 지리적 격리 등을 포함한다. 2009 개정 교육과정의 중학교 과학, 고등학교 과학, 생명과학 I·II 과 연계된다.

이전 전시물인 ‘핀치의 발견’, ‘핀치의 변화’에 연속되는 전시물인 ‘핀치의 유전자’는 핀치의 변이와 자연선택에 의한 진화를 분자생물학적 관점에서 연구한 Abzhanov *et al.*(2006)의 연구를 간접 체험할 수 있도록 구성하였다. 생식과 발생, 유전, 형질발현, 진화, 유전자, 단백질, 표현형, 유전자 발현 및 조절, 진화발생생물학, 유전자 변이, 다양성, 자연선택, 적합도, 핀치, 갈라파고스 군도, 유전자 발현 차이로 인한 종분화 등의 핵심 내용요소로 이루어져 있으며, 중학교 과학, 고등학교 과학, 생명과학 I·II 과 연계된다. 관련 스토리텔링은 <표 37>과 같다.

다섯 번째 전시물인 ‘자연이 되어 선택해 보세요’는 자연선택기반 진화 컴퓨터시물레이션인 바이오모프를 구현하여 관람자가 변이로 인해 나타난 다양한 표현형의 자손들 중에서 환경에 적합한 개체를 선택하고, 이 과정이 반복 및 누적되어 나타나는 결과를 확인해 봄으로써 자연선택의 원리와 과정을 체험할 수 있도록 구성하였다. 핵심 내용요소로는 유전, 진화, 형질발현, 자연선택, 유전적 변이, 생명의 연속성, 다양성, 환경변화, 유전자와 관련되도록 하였으며, 중학교 과학, 고등학교 과학, 생명과학 I·II 과 연계된다. 이에 대한 스토리텔링은 <표 38>과 같다.

여섯 번째 소주제인 ‘특별하게 적응한 다양한 눈’은 여러 가지 생물들의 눈을 비교 관찰하여 다양한 눈이 존재함을 이해하고, 각각의 눈은 환경에 적합한 최선의 선택임을 이해하도록 구성하였다. 유전, 진화, 생식

과 발생, 형질발현, 변이, 자연선택, 공통조상, 적응, 시각의 성립, 눈의 구조, 다양성, 환경변화를 핵심 내용요소로 갖도록 구성하였으며, 중학교 과학, 고등학교 과학, 생명과학Ⅱ와 연계된다. 관련 스토리텔링은 <표 39>와 같다.

일곱 번째 전시물인 ‘어떻게 보일까요’는 연체동물의 눈의 진화를 기반으로 하여 진화에 따른 연체동물의 눈의 구조 변화를 이해하고, 눈의 구조가 달라짐에 따라 보이는 상이 어떻게 달라지는지를 체험할 수 있도록 구성하였다. 생식과 발생, 유전, 진화, 형질발현, 유전자, 공통조상, 시각의 성립, 눈의 구조, 망막, 수정체, 시세포, 눈의 진화, 다양성 등의 내용요소와 관련되며, 중학교 과학, 고등학교 과학, 생명과학Ⅰ·Ⅱ과 연계된다. 관련 스토리텔링은 <표 40>과 같다.

여덟 번째 전시물인 ‘연체동물의 다양한 눈’은 이전 전시물인 ‘어떻게 보일까요’와 마찬가지로 연체동물의 눈의 진화를 다루고 있어 내용이 연계된다. 서로 다른 구조의 눈을 가진 다양한 연체동물들을 생육 전시하여 같은 연체동물문임에도 다른 형태의 눈을 가지게 된 원인에 대해 탐구해 볼 수 있도록 구성하였다. 생식과 발생, 유전, 진화, 형질발현, 공통조상, 적응, 시각의 성립, 눈의 구조, 망막, 수정체, 시세포, 눈의 진화, 다양성과 관련되며, 중학교 과학, 고등학교 과학, 생명과학Ⅰ·Ⅱ과 연계된다.

표 37. 「VI-4. 핀치의 유전자」 스토리텔링

전시물 분류	VI-4. 핀치의 유전자	
스토리텔링 구성 요소	세부 항목	내용
전시물 관련 스토리텔링 요소	전시 주제	핀치의 유전자
	탐구질문	생명은 자연선택을 통해 어떻게 진화해왔을까?
관람 활동 관련 스토리텔링 요소	전시의도	핀치의 변이와 자연선택을 통한 진화를 분자적으로 연구한 Abzhanov <i>et al.</i> (2006)의 연구결과를 체험전시물로 전시한다.
	전시물 도입을 위한 호기심 유발 예시	갈라파고스 군도에서는 다양한 부리를 가진 핀치들 중에서도 각 섬의 환경과 먹이에 적합한 부리 형태를 가진 핀치들이 그 섬에서 살아남아 현재의 종들을 이루게 되었습니다. 그렇다면 선택 이전에 핀치가 다양한 형태의 부리를 형성하게 된 원인은 무엇일까요?
	관람 포인트 지도 예시	자연선택으로 인해 갈라파고스의 각 섬마다 다른 형태의 부리를 가진 핀치가 살아남아 진화되어 왔습니다. 그런데 핀치의 부리 모양을 결정하는 것은 무엇일까요? 어떻게 다양한 부리가 나타나고, 그 중에서 자연선택 된 것일까요? 현대의 과학자들은 핀치의 부리 유전자에서 그 해답을 찾기 위해 노력하였고, 그 결과 부리 모양을 조절하는 두 가지 중요한 유전자를 발견하였습니다. 어떻게 알아낼 수 있었을까요?
	질문과 답변 예시	Q1. 핀치 부리의 형태 발생에 영향을 주는 대표적인 유전자 두 가지는 무엇인가요? - <i>BMP4</i> 와 <i>CaM</i> 입니다. Q2. 이른 시기에 BMP4가 높은 수준으로 발현되고, CaM이 적게 발현되면 핀치 부리는 어떤 형태를 갖게 될까요? - 두껍고 짧은 부리를 갖게 될 것입니다.
교육과정 연계 관련 스토리텔링 요소	생명의 연속성 관련 범주	생식과 발생, 유전, 형질발현, 진화
	전시물 내용요소	유전자, 단백질, 표현형, 유전자 발현 및 조절, 이보디보, 변이, 다양성, 자연선택, 적합도, 핀치, 갈라파고스 군도, 종분화
	2009 개정 교육과정 관련 단원	중학교 1~3학년군 (18) 생식과 발생 (20) 유전과 진화 고등학교 과학 제1부-(3) 생명의 진화 고등학교 생명과학 I (2) 세포와 생명의 연속성 고등학교 생명과학II (2) 유전자와 생명 공학 (3) 생물의 진화
	2009 개정 교육과정 내용요소	DNA, 단백질, 생물의 다양성, 유전자와 염색체, 유전 암호, 유전자의 복제와 분배, 생식을 통한 유전자 전달, 유전자, 염색체, 유전형질, 유전형질의 발현, 생물과 환경의 상호관계, 개체군과 군집, 환경과의 연계, 유전정보의 특성, 유전형질의 발현, 유전자발현의 조절, 생명공학의 기술과 이용, 변이, 자연선택, 종의 분화

표 38. 「VI-5. 자연이 되어 선택해 보세요」 스토리텔링

전시물 분류	VI-5. 자연이 되어 선택해 보세요	
스토리텔링 구성 요소	세부 항목	내용
전시물 관련 스토리텔링 요소	전시 주제	자연이 되어 선택해 보세요
	탐구질문	생명은 자연선택을 통해 어떻게 진화해왔을까?
	전시의도	관람자가 멀티미디어 화면에서 자연이 되어 자손을 반복 선택할수록 점점 변해가는 형태의 다양함을 다른 사람들의 결과물과 비교해볼 수 있도록 모니터를 결합하여 전시한다.
관람 활동 관련 스토리텔링 요소	전시물 도입을 위한 호기심 유발 예시	생물은 어떤 과정을 거쳐 지금과 같은 모습으로 다양하게 진화해 올 수 있었을까요? 이 프로그램은 여러분의 선택이 여러 번 누적될수록 선택한 생물이 진화되어가는 양상을 나타낸 진화시뮬레이션입니다. 진화된 자손은 맨 처음에 등장했던 조상과 어떻게 달라질까요?
	관람 포인트 지도 예시	오랜 시간 동안 자연선택이 지속되면 어떤 일이 일어날까요? 화면에 나타난 다양한 변이중에서 나의 조건에 맞는 한 가지를 선택하는 과정을 반복 시행해보면서 자연선택이 일어남에 따라 점점 달라져가는 생물의 모습을 관찰해 봅시다. 내가 선택한 자손은 가장 처음에 등장했던 조상과 얼마나 달라졌나요?
	질문과 답변 예시	Q1. 환경 조건에 의한 변이와 그에 따른 자연선택이 여러 세대 누적되면 자손은 어떤 모습을 갖게 될까요? - 부모와 점점 큰 차이를 나타내게 되어 오랜 시간이 흐른 후에는 전혀 다른 모습을 갖게 될 수도 있습니다. Q2. 바이오모프에서 사람이 자손을 선택하는 기준은 자연 상태에서 무엇에 해당할까요? -환경 조건의 변화에 해당합니다.
교육과정 연계 관련 스토리텔링 요소	생명의 연속성 관련 범주	유전, 진화, 형질발현
	전시물 내용요소	자연선택, 변이, 생명의 다양성, 환경변화, 유전자
	2009 개정 교육과정 관련 단원	중학교 1~3학년군 (18) 생식과 발생 (20) 유전과 진화 고등학교 과학 제1부-(3) 생명의 진화 고등학교 생명과학 I (2) 세포와 생명의 연속성 (4) 자연 속의 인간 고등학교 생명과학 II (2) 유전자와 생명 공학 (3) 생물의 진화
	2009 개정 교육과정 내용요소	DNA, 단백질, 유전자의 복제와 분배, 생식을 통한 유전자 전달, 유전자, 염색체, 유전형질, 유전형질의 발현, 생물과 환경의 상호관계, 환경과의 연계, 유전정보의 특성, 유전형질의 발현, 유전자발현의 조절, 변이, 자연선택, 종의 분화

표 39. 「VI-6. 특별하게 적응한 다양한 눈」 스토리텔링

전시물 분류	VI-6. 특별하게 적응한 다양한 눈	
스토리텔링 구성 요소	세부 항목	내용
전시물 관련 스토리텔링 요소	전시 주제	특별하게 적응한 다양한 눈
	탐구질문	생명은 자연선택을 통해 어떻게 진화해왔을까?
	전시의도	다양한 종류의 눈이 존재함을 이해하고, 각각의 눈은 환경에 적합한 최선의 선택임을 이해하도록 전시한다.
관람 활동 관련 스토리텔링 요소	전시물 도입을 위한 호기심 유발 예시	좋은 눈은 어떤 눈일까요? 복잡한 눈이 가장 좋은 눈일까요?
	관람 포인트 지도 예시	생물은 자기가 살아가는 환경에서 가장 잘 적응한 눈을 가지도록 진화해 온 것으로 생각합니다. 각각의 눈은 어떤 환경에 가장 적합하도록 진화해 온 것일까요?
	질문과 답변 예시	Q1. 좋은 눈은 어떤 눈일까요? - 생물이 살아가는 환경에 가장 적합하게 적응한 눈입니다. Q2. 매우 단순한 눈 구조를 갖는 심해 새우가 유생 시기에 완벽한 눈 구조를 갖는 것을 통해 알 수 있는 사실은 무엇인가요? - 성체의 눈이 단순히 퇴화된 눈이 아니라 그 성체가 살아가는데 필요한 기능만 남은 것임을 알 수 있습니다.
교육과정 연계 관련 스토리텔링 요소	생명의 연속성 관련 범주	유전, 진화, 생식과 발생, 형질발현
	전시물 내용요소	변이, 자연선택, 공통조상, 적응, 시각의 성립, 눈의 구조, 다양성, 환경조건
	2009 개정 교육과정 관련 단원	중학교 1~3학년군 (14) 자극과 반응 (18) 생식과 발생 (20) 유전과 진화 고등학교 과학 제1부-(3) 생명의 진화 고등학교 생명과학Ⅱ (2) 유전자와 생명 공학 (3) 생물의 진화
	2009 개정 교육과정 내용요소	생물의 다양성, 유전형질, 유전형질의 발현, 생물과 환경의 상호관계, 환경과의 연계, 생물 분류 체계, 변이, 자연선택, 종의 분화

표 40. 「VI-7. 어떻게 보일까요」 스토리텔링

전시물 분류	VI-7. 어떻게 보일까요	
스토리텔링 구성 요소	세부 항목	내용
전시물 관련 스토리텔링 요소	전시 주제	어떻게 보일까요
	탐구질문	생명은 자연선택을 통해 어떻게 진화해왔을까?
	전시의도	점차 복잡해지는 눈의 구조와 형태를 이해하고, 보존적이면서도 변화해 온 눈이 진화에 미친 영향을 전시한다.
관람 활동 관련 스토리텔링 요소	전시물 도입을 위한 호기심 유발 예시	눈은 어떻게 진화해 왔을까요? 다양한 생물들의 눈으로 본 상은 어떤 모습일까요?
	관람 포인트 지도 예시	현재의 지구에서 우리와 함께 살아가고 있는 연체동물들은 다양한 눈을 가지고 있습니다. 눈은 어떻게 진화해 왔을까요?
	질문과 답변 예시	Q1. 생물의 눈 구조에서 망막의 역할은 무엇인가요? - 빛을 감지하는 역할을 합니다. Q2. 빛을 감지하는 세포들이 평면에 배열된 것에 비해 컵의 형태로 배열된 눈의 장점은 무엇일까요? - 컵 안으로 들어오는 광선을 선택적으로 감지할 수 있습니다.
교육과정 연계 관련 스토리텔링 요소	생명의 연속성 관련 범주	생식과 발생, 유전, 진화, 형질발현
	전시물 내용요소	유전자, 공통조상, 변이, 시각의 성립, 눈의 구조, 망막, 수정체, 시세포, 눈의 진화, 다양성, 환경조건
	2009 개정 교육과정 관련 단원	중학교 1~3학년군 (14) 자극과 반응 (18) 생식과 발생 (20) 유전과 진화 고등학교 과학 제1부-(3) 생명의 진화 고등학교 생명과학 I (4) 자연 속의 인간 고등학교 생명과학 II (2) 유전자와 생명 공학 (3) 생물의 진화
	2009 개정 교육과정 내용요소	생물의 다양성, 유전자, 염색체, 유전형질, 유전형질의 발현, 생물과 환경의 상호관계, 환경과의 연계, 유전형질의 발현, 유전자발현의 조절, 변이, 종의 분화

표 41. 「VI-8. 연체동물의 다양한 눈」 스토리텔링

전시물 분류	VI-8. 연체동물의 다양한 눈	
스토리텔링 구성 요소	세부 항목	내용
전시물 관련	전시 주제	연체동물의 다양한 눈
	탐구질문	생명은 자연선택을 통해 어떻게 진화해왔을까?
	전시의도	연체동물이 다양한 눈을 갖게 된 이유와 과정을 진화적으로 이해할 수 있도록 다양한 연체동물을 서식 환경과 함께 생육 전시한다.
관람 활동 관련	전시물 도입을 위한 호기심 유발 예시	수조 안의 연체동물들을 보세요. 각자의 눈을 찾을 수 있나요? 모두 연체동물이지만 어떻게 이렇게 다른 모습의 눈을 가지게 되었을까요?
	관람 포인트 지도 예시	여러 가지 연체동물을 관찰하고, 그들의 생활환경과 눈의 구조와의 관계를 생각해봅시다.
	질문과 답변 예시	Q1. 앵무조개의 눈과 문어의 눈은 어떤 차이가 있나요? - 앵무조개는 한 쌍의 바늘구멍 사진기와 같은 눈을 가지고 있고, 문어는 사람의 눈과 비슷한 카메라 눈을 가지고 있습니다. Q2. 같은 연체동물이라도 다른 구조의 눈을 가지고 있는 이유는 무엇일까요? - 각자 살아가는 생활 방식에서 빛의 이용 및 시각의 활용 방식에 차이가 있기 때문입니다.
	생명의 연속성 관련 범주	생식과 발생, 유전, 진화, 형질발현
교육과정 연계 관련	전시물 내용요소	공통조상, 변이, 적응, 시각의 성립, 눈의 구조, 망막, 수정체, 시세포, 눈의 진화, 다양성, 환경조건
	2009 개정 교육과정 관련 단원	중학교 1~3학년군 (14) 자극과 반응 (18) 생식과 발생 (20) 유전과 진화 고등학교 과학 제1부-(3) 생명의 진화 고등학교 생명과학 I (4) 자연 속의 인간 고등학교 생명과학 II (2) 유전자와 생명 공학 (3) 생물의 진화
	2009 개정 교육과정 내용요소	생물의 다양성, 유전자, 염색체, 유전형질, 유전형질의 발현, 생물과 환경의 상호관계, 환경과의 연계, 유전형질의 발현, 유전자발현의 조절, 생물분류 체계, 변이, 자연선택, 종의 분화

VII. Open Lab : 오늘의 진화뉴스는 무엇일까?

이전 전시물들을 통해 생명의 기원부터 현재에 이르기까지의 생명의 연속성을 느끼고 체험하였다면, Open Lab에서는 관람자들이 전시 주제별 내용과 관련된 과학 실험을 직접 또는 간접적으로 체험할 수 있다. 상시적으로는 전시물과 연계하여 이해할 수 있는 간단한 실험을 직접 체험해 볼 수 있으며, 정해진 시간에는 전시 주제와 관련한 다양한 전문가를 초빙하여 특강을 열거나 전시물 연계 실험을 시연하고, 그 실험을 모니터로 중계하여 특강이나 시연 자체도 하나의 전시로 느낄 수 있다.

관람자들은 전시 내용에 대해 궁금한 점을 질문하거나 비치되어있는 게시판에 남길 수 있으며, 이 내용들은 Open Lab 프로그램의 운영에 반영하여 Open Lab을 관람자와 전시의 상호 소통이 활발하게 일어날 수 있는 공간으로 운영한다. 이를 통해 관람자들은 학교 교육과 연계하지만 학교에서는 할 수 없었던 실험이나 강연 등의 체험 및 경험을 통해 학교에서의 학습과 과학관에서의 학습을 연계할 수 있으며, 전문가 또는 연구자들과의 소통을 통해 생명의 연속성에 대한 통합적 시각을 갖게 될 수 있을 것이다.

시연대와 게시판은 미리 기획하고 개발된 전시물을 통한 것이 아니라 관람자와의 소통을 통해 시연 및 게시 내용에 변화를 줄 수 있으므로, 관련 교육과정은 초등학교 과학, 중학교 과학, 고등학교 과학, 생명과학 I·II 등 라이브진화센터에 방문한 모든 관람자들의 학교급과 관련되도록 설정하였다. 다루는 내용 역시 미리 기획된 전시물이라는 한계를 벗어날 수 있으므로, 핵심 내용요소는 라이브진화센터 전체 내용 및 생명의 연속성 관련 내용을 포괄적인 생명의 연속성으로 설정하였다. 시연대 관련 스토리텔링은 <표 42>와 같으며, 게시판은 <표 43>과 관련된다.

표 42. 「Ⅶ-1. 시연대」 스토리텔링

전시물 분류	Ⅶ-1. 시연대	
스토리텔링 구성 요소	세부 항목	내용
전시물 관련 스토리텔링 요소	전시 주제	시연대
	탐구질문	오늘의 시연 프로그램은 무엇일까?
	전시의도	생명의 연속성과 관련되는 다양한 시연 프로그램을 운영할 수 있도록 한다.
관람 활동 관련 스토리텔링 요소	전시물 도입을 위한 호기심 유발 예시	전시 공간 내 곳곳에 시연 상황을 중계하는 모니터를 배치하여 관람자의 호기심을 유발한다.
	관람 포인트 지도 예시	시연 프로그램의 라이브진화센터의 전시 콘텐츠 및 학교 수업과 어떻게 연계되는지 생각해 봅시다.
	질문과 답변 예시	Q. 시연 프로그램에서 경험하고 싶은 실험이 있다면 어떤 것인가요? - DNA 추출 실험입니다.
교육과정 연계 관련 스토리텔링 요소	생명의 연속성 관련 범주	세포분열, 생식과 발생, 유전, 형질발현, 진화
	전시물 내용요소	생명의 연속성 관련 모든 생명과학 내용요소
	2009 개정 교육과정 관련 단원	초등학교 과학 중학교 1~3학년군 과학 고등학교 과학/생명과학 I/생명과학II
	2009 개정 교육과정 내용요소	생명의 연속성 관련 모든 생명과학 교육과정 내용요소

표 43. 「Ⅶ-2. 게시판」스토리텔링

전시물 분류	Ⅶ-2. 게시판	
스토리텔링 구성 요소	세부 항목	내용
전시물 관련 스토리텔링 요소	전시 주제	게시판
	탐구질문	오늘의 진화 뉴스는 무엇일까?
	전시의도	생명의 연속성에 관련된 최근 연구를 소개하고, 관람자가 질문을 남길 수 있는 게시판을 운영한다.
관람 활동 관련 스토리텔링 요소	전시물 도입을 위한 호기심 유발 예시	오늘의 진화 뉴스는 무엇일까요?
	관람 포인트 지도 예시	오늘의 진화 뉴스를 통해 생물의 진화가 현재에도 일어나고 있으며, 많은 연구자들의 노력으로 활발하게 연구되고 있는 분야
	질문과 답변 예시	Q. 라이브진화센터의 내용에 관한 궁금한 내용을 질문해 주세요. - 갈라파고스 군도에 사는 또 다른 생물에는 어떤 것들이 있나요?
교육과정 연계 관련 스토리텔링 요소	생명의 연속성 관련 범주	세포분열, 생식과 발생, 유전, 형질발현, 진화
	전시물 내용요소	생명의 연속성 관련 모든 생명과학 내용요소
	2009 개정 교육과정 관련 단원	초등학교 과학 중학교 1~3학년군 과학 고등학교 과학/생명과학 I/생명과학II
	2009 개정 교육과정 내용요소	생명의 연속성 관련 모든 생명과학 교육과정 내용요소

이상의 스토리라인과 스토리텔링 결과를 종합해보면, 생명의 연속성을 대주제로 한 라이브진화센터는 Open Lab을 포함한 7개의 중주제와 26개의 소주제로 구성되어 있다. 이 전체 스토리라인은 전체 전시 공간 안에 중주제별로 전시 코너로 구체화될 수 있으며, 각 코너 내에서 하나의 소주제가 하나의 전시물을 구성할 수 있도록 스토리텔링하였다. 스토리텔링을 할 때에는 주요 관람층으로 설정한 고등학교 1~3학년 학생들을 고려하여 학교 교육과 연계할 수 있도록 중학교 1~3학년군 과학 및 고등학교 과학·생명과학 I·생명과학 II 교육과정과 어떻게 관련되는지를 함께 제시하였다.

2.6 전시 세부 연출

스토리라인을 바탕으로 구성된 과학 전시 콘텐츠는 전시물에 대한 관람자의 흥미와 몰입을 높여 관람자와 전시물의 교감과 상호작용을 증진시킬 수 있다. 이 때 전시 콘텐츠를 구성하는 대상물 자체는 물론 전시물을 구성하는 전시 패널, 라벨 등의 다른 요소들도 교육적 기능을 갖게 되므로 전체 스토리라인과 세부 스토리텔링을 잘 드러낼 수 있는 연출 방법과 내용의 전달에 가장 효과적이고 적합한 연출 매체를 선정하여야 한다. 전시물의 선정과 전시 연출방식에 따라 관람자들이 취하는 정보와 느끼는 가치도 다르기 때문에(권순관, 김미희, 2013) 전시물의 내용적 특성을 고려하여 적절한 매체를 선정하여 조직하여야 한다.

본 연구에서 개발한 전시 콘텐츠의 대주제는 생명의 연속성이며, 학교 교육과 연계하여 생명의 연속성이 갖는 통합적인 성격과 특징을 이해할 수 있게 하는 것이 본 연구의 주요 목적이다. 학교 교육과정에서 다루어지는 생명의 연속성이 추상적이고 다차원적인 개념들로 이루어져 있으며, 분절적으로 제시되어 학습에 어려움을 유발한다는 점을 보완하기 위해 구체적이면서 직접적인 경험을 매개할 수 있는 전시 콘텐츠로 연출하

고자 하였다. 이를 위해 전시 세부 연출의 첫 번째 방향은 체험 및 탐구형 전시로 설정하였다.

라이브진화센터는 지구에서 최초로 탄생한 생명체로부터 시작된 생명의 연속성이 현재 지구에 살아가는 수많은 다양한 생물종들로 이어져 왔으며, 이것을 유발하고 유지해 온 메커니즘이 과거와 현재는 물론 미래에도 끊임없이 이루어질 것이라는 내용을 전체적인 메시지로 담고 있는 전시 콘텐츠이다. 따라서 라이브진화센터 세부 연출을 구성할 때에는 생명의 연속성에 담긴 역동성과 역사성을 드러낼 수 있도록 각 코너마다 적절한 생육 전시를 연출하여 관람자들이 흥미를 가지고 이를 느낄 수 있도록 <표 44>와 같이 전시 요소를 결정하였다.

전시 매체는 전시 대상을 가장 효과적으로 설명하기 위해 평면 매체, 입체 매체, 디지털 인터페이스 등을 이용하여 관람자와 의사소통하는 도구이다. 어떤 매체를 사용하여 내용을 제시할 것인가에 따라 그 효과는 달라진다. 생명이 생명의 연속성을 유지하며 현재까지 진화해 올 수 있었던 주요 원리 중 하나는 환경이 변화함에 따라 적응하고, 그 중 적합도 높은 개체들이 자연선택 되어 자손을 남기고, 또 다시 환경에 적응하여 살아 온 것을 들 수 있다. 즉 생명의 연속성에서 다루어지는 주요 대상은 생물 자체뿐만 아니라 생물과 그를 둘러싸고 변해온 환경, 그리고 그 사이에서 일어난 상호작용을 모두 포함한다. 따라서 본 전시 콘텐츠는 이를 표현하기 위해 각각의 전시물들을 독립적인 단일 매체가 아닌 생물과 모형, 영상, 그래픽패널 등 매체들의 복합 연출을 통해 하나의 소주제를 시스템적으로 표현할 수 있는 전시물을 지향하였다.

표 44. 라이브진화센터 전시 요소

중주제	소주제	전시요소영역			
코너	전시물(object)	전시표현방식	전시연출매체	전시설명	활동유형
I. 우리의 공통점	I-1. 우리의 공통점	대상물	실물모형 그래픽패널	텍스트 그림	고정전시
	II-1 생명의 기원을 찾아서	시스템	실물모형 그래픽패널	텍스트 그림	고정전시 도구 사용
II. 생명의 기원	II-2 원시 대기로부터의 가능성	시스템	작동모형 실물모형 영상 그래픽패널	텍스트 그림	고정전시 자가작동전시
	II-3 깊은 바닷속으로부 터의 가능성	시스템	실물모형 영상 작동모형 그래픽패널	텍스트 그림 비디오 소프트웨어	고정전시 전시물작동 전시물조정 도구 사용
III. 진화의 핵심사건	III-1 광합성 생물과 지구 환경의 변화	시스템	생육 작동모형 실물모형 영상 그래픽패널	텍스트 그림 비디오 소프트웨어	고정전시 생물관찰 전시물 작동 전시물 조정 도구 사용
	III-2 원핵생물이 진핵생물로	시스템	생육 작동모형 실물모형 영상 그래픽패널	텍스트 비디오 소프트웨어	고정전시 생물관찰 전시물 작동 전시물 조정 도구 사용
	III-3 단세포생물이 다세포생물로	시스템	생육 작동모형 실물모형 영상 그래픽패널	텍스트 비디오 소프트웨어	고정전시 생물관찰 전시물 작동 전시물 조정 도구 사용

증주제	소주제	전시요소영역			
코너	전시물(object)	전시표현방식	전시연출매체	전시설명	활동유형
IV. 유전자와 변이	IV-1 DNA에서 생명으로	시스템	실물모형 영상 그래픽패널 음향	텍스트 오디오 비디오	고정전시 자가작동전시
	IV-2 작은 차이 큰 변화	대상물	실물모형 그래픽패널	텍스트 그림	고정전시
	IV-3 줄무늬와 피부색소 유전자	시스템	생육 실물모형 그래픽패널	텍스트 그림	고정전시 생물관찰
	IV-4 돌연변이 초파리	시스템	생육 작동모형 영상 그래픽패널	텍스트 소프트웨어	고정전시 생물관찰 전시물 작동 도구 사용
	IV-5 유전자에 담긴 공통조상의 증거	시스템	생육 작동모형 실물모형 그래픽패널	텍스트 그림	고정전시 생물관찰 도구 사용
	IV-6 가깝고도 먼 너와 나	시스템	작동모형 영상 그래픽패널	텍스트 그림 소프트웨어	고정전시 전시물 작동 컴퓨터 활용
V. 성과 유전적 조합	V-1 무성생식	시스템	생육 작동모형 실물모형 영상	비디오 소프트웨어	고정전시 생물관찰 전시물작동 도구 사용
	V-2 유성생식	시스템	생육 작동모형 실물모형 영상	텍스트 소프트웨어	고정전시 생물관찰 전시물작동
	V-3 영차영차 집게발	시스템	생육 작동모형 실물모형 영상 그래픽패널	텍스트 그림 비디오 소프트웨어	고정전시 생물관찰 전시물 작동 컴퓨터 활용

중주제	소주제	전시요소영역			
코너	전시물(object)	전시표현방식	전시연출매체	전시설명	활동유형
VI. 환경과 자연선택	VI-1 다윈과 자연선택	시스템	영상 그래픽패널	비디오	고정전시 자가작동전시
	VI-2 핀치의 발견	사건	실물모형 그래픽패널	텍스트	고정전시
	VI-3 핀치의 변화	대상물 시스템	작동모형 실물모형 영상 그래픽패널 음향	텍스트 오디오 비디오	고정전시 전시물작동
	VI-4 핀치의 유전자	시스템	작동모형 영상	비디오 소프트웨어	고정전시 전시물 작동
	VI-5 자연이 되어 선택해보세요	시스템	작동모형 영상	텍스트 소프트웨어	고정전시 전시물 작동 컴퓨터 활용
	VI-6 특별하게 적응한 다양한 눈	대상물	그래픽패널	텍스트 그림	고정전시
	VI-7 어떻게 보일까요	시스템	작동모형 영상 그래픽패널 음향	텍스트 그림	고정전시 전시물작동 도구 사용
	VI-8 연체동물의 다양한 눈	대상물	생육 실물모형 그래픽패널	텍스트 그림	고정전시 생물관찰
VII. Open Lab	VII-1 시연대	시스템	실물모형 영상 그래픽패널 실험이벤트	텍스트 비디오	생물관찰 시범실험 신체이용 도구사용
	VII-2 게시판	시스템	영상 그래픽패널	텍스트 오디오 비디오	고정전시

첫 번째 중주제이자 라이브진화센터의 도입 전시물인 ‘우리의 공통점’은 전시 공간에 입장한 관람자들이 가장 먼저 만나는 전시물이면서, 전체 스토리라인의 시작을 알리는 역할을 한다. 따라서 관람자들이 흥미와 호기심을 가지고 접근하고, 그것을 유지한 채 다음 전시물로 이동할 수 있게 하는 몰입을 유발해야하는 전시물이다. 고래의 실물 골격을 천장에 매달아 시선을 집중시키고, 고래의 골격에 대한 시선이 끝나는 부분은 관람자들을 맞이하는 사람의 모형 골격과 이어지도록 연출한다. 또한 고래와 사람 사이에는 비둘기의 실물 골격을 위치시킨다. 세 골격의 상동기관에 해당하는 골격들에 같은 뼈마다 같은 색깔로 표시하여 세 골격 간의 유사성을 직관적으로 파악하고, 서로 다른 동물들이 어떻게 같은 골격을 가지고 있게 되었을까에 대한 궁금증을 가지고 전시 공간에 입장할 수 있도록 텍스트와 그림을 사용한다. 도입부 코너의 전시물 구성은 <그림 19>와 같다.

생명의 기원은 도입부 전시물을 지나 처음 만나게 되는 코너이면서 스토리라인에서 발단에 해당하는 부분이다. 이 전시 코너에서는 생명의 연속성이라는 문제가 발생하고, 이에 대한 관람자들의 관심과 몰입을 전체 전시 콘텐츠의 절정까지 이끌어갈 수 있는 원동력이 나타나야 한다고 판단하였다. 생명의 기원은 생명의 시작점이라는 점에서 생물학적으로는 물론 인류의 모든 역사적 측면에서도 매우 중요한 주제이지만, 그 시작이 과학적으로 아직 명확하게 밝혀지거나 합의되어지지 않아서 아직까지도 많은 과학자들에 의해 활발하게 연구되고 있는 영역이다.

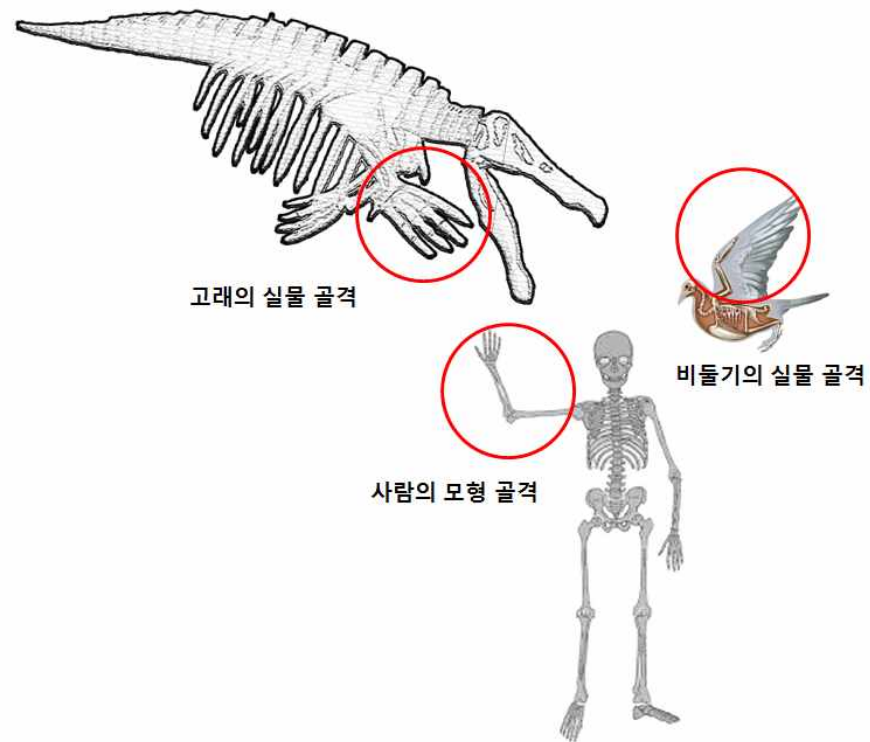


그림 19. 「I. 우리의 공통점」 전시 구성

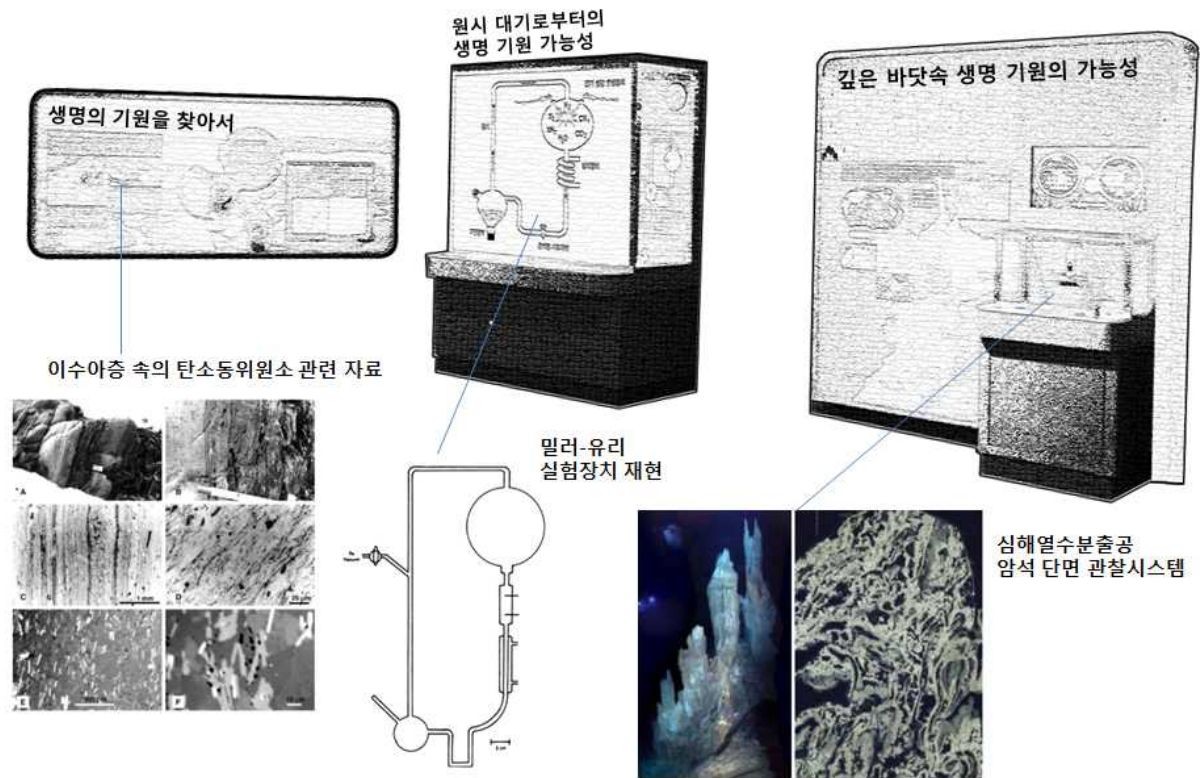
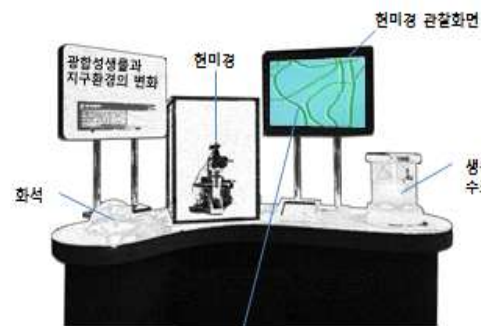


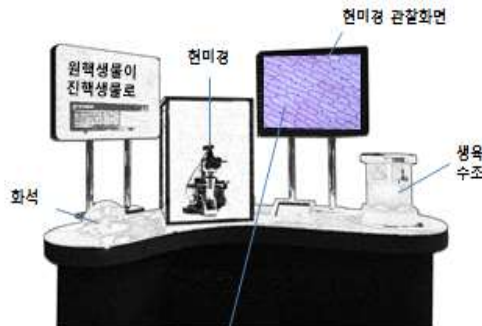
그림 20. 「II. 생명의 기원」 전시 구성

본 전시 콘텐츠에서는 이러한 특징을 과학의 본성 및 탐구를 통해 담아내고자 하였다. 즉 생명의 기원이 무엇인지에 대한 설명적인 전시가 아니라, 그것을 밝히기 위한 과학자들을 노력을 핵심 메시지로 하여, 가장 오래된 지층으로 알려진 그린란드의 이수아층에서 생명의 흔적을 찾는 과정과 그 결과, 실험실에서 원시 대기 환경을 조성하여 생명의 기원을 밝혀내고자했던 밀러-유리의 실험의 구현을 통한 그 의의와 한계 탐구, 생명 탄생을 위한 환경 조건을 가지고 있어 또 다른 후보지로 연구되고 있는 심해열수분출공의 탐사와 그 환경 조건에 관한 과학자들의 연구 과정을 간접 체험할 수 있도록 시스템적으로 연출하였다. 또한 실제 탐사 영상과 실제 암석 등의 실물, 작동 모형, 패널 등을 복합 구성하여 감각적인 체험이 되도록 하였다. 생명의 기원 코너의 전시물 구성은 <그림 20>과 같다.

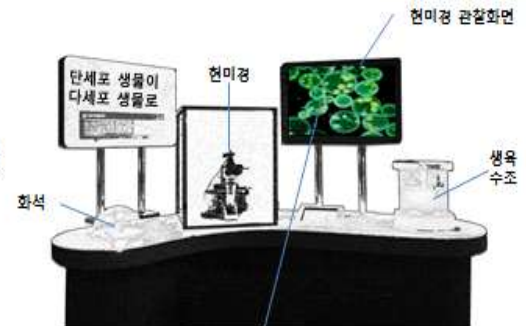
진화의 핵심사건은 단순한 형태의 최초 생명체가 복잡하고 유기적인 체계를 가진 생명체로 진화하고, 수많은 세포로 구성된 생명체가 다양한 기능을 수행할 수 있는 이유 등을 진화적으로 다루고자 하였다. 세 소주제 전시물 모두 생물과 환경을 함께 연출하여 생육 전시 하였으며, 현미경을 조작하여 직접 관찰할 수 있도록 구성하였다. 더불어 인터랙션 영상을 통해 광합성과 세포내공생 등의 심화 내용을 다루어 다양한 수준의 학습자를 고려하였다. 진화의 핵심사건 코너의 전시물 구성은 <그림 21>과 같다.



시아노박테리아 현미경 관찰 화면



진핵생물 현미경 관찰 화면



다세포생물 현미경 관찰 화면



그림 21. 「Ⅲ. 진화의 핵심사건」 전시 구성

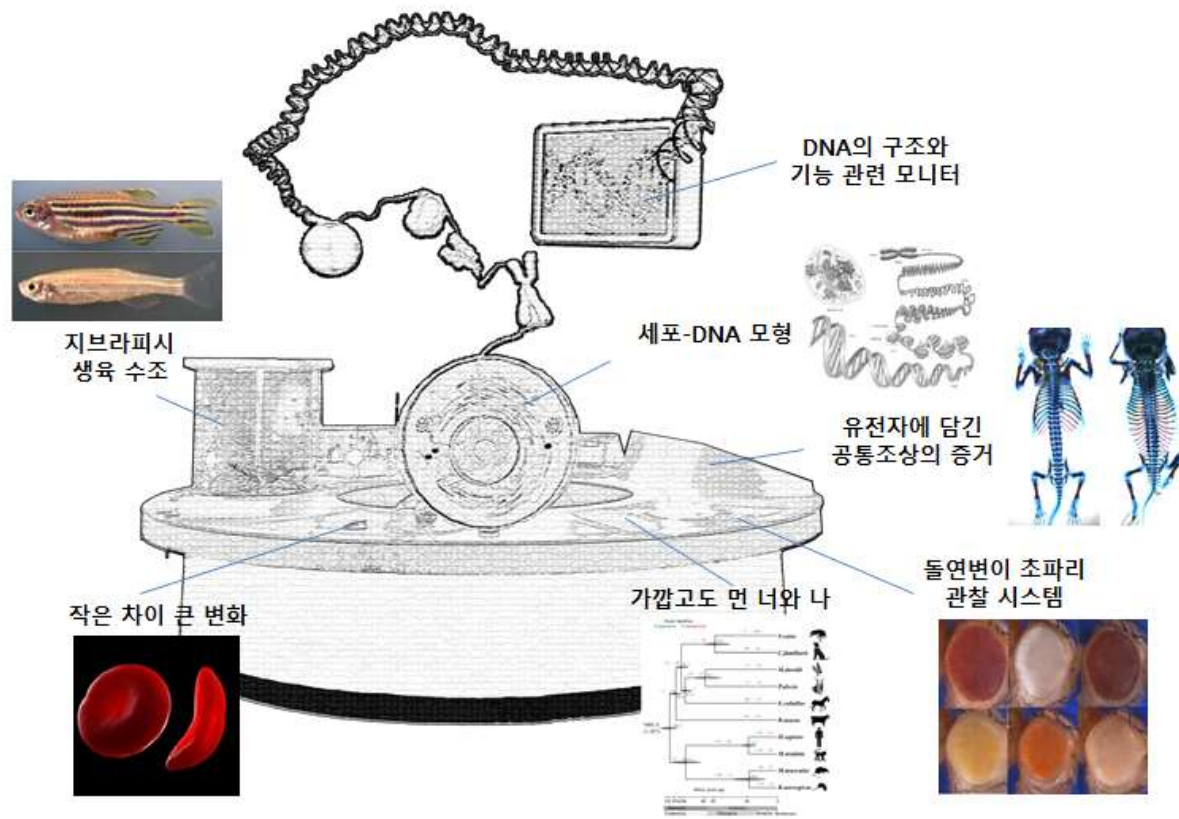


그림 22. 「IV. 유전자와 변이」 전시 구성

스토리라인의 전개 부분에 해당하는 유전자와 변이, 성과 유전적 조합, 자연선택은 라이브진화센터의 중심부에 해당하는 중주제이면서 유전자와 변이, 세포분열, 형질발현, 진화, 환경 등 생명의 연속성의 핵심 개념 및 주제들이 통합적으로 펼쳐지는 장이다.

유전자와 변이 코너의 전시물 구성은 <그림 22>와 같다. 유전자와 변이 코너의 중앙에는 테이블 탑의 커다란 세포 모형으로부터 천장으로 이어지는 염색체와 거대 DNA 모형이 중앙에 위치하게 하고, DNA 모형의 중간에는 모니터로 연결하여 DNA의 역동적인 복제, 전사, 번역과정이 음향과 함께 영상으로 작동하도록 구성한다. 이어지는 전시물에서는 DNA를 이루는 염기에서 일어나는 작은 변이가 어떤 변화를 가져올 수 있는지를 적혈구와 헤모글로빈 모형을 만져볼 수 있도록 체험 전시로 연출한다.

줄무늬와 피부색소 유전자는 야생형과 변이형 제브라피시를 생육 전시하고, 사람과 제브라피시의 타이로시네이즈 아미노산 서열의 보존과 변이에 대한 그림과 텍스트를 그래픽 패널에 표현하여 입체적으로 전시한다. 돌연변이 초파리는 *w* 대립유전자의 변이로 인해 다양한 눈 색깔을 표현형으로 갖게 된 초파리들을 생육 전시하고, 이들을 살아있는 상태로 확대하여 모니터를 통해 관찰할 수 있는 소프트웨어와 영상 시스템을 구축한다. 유전자에 담긴 공통조상의 증거는 쥐와 뱀의 실물 골격과 초파리의 대표적 흑스 유전자 돌연변이인 *antp* 돌연변이체를 생육 전시하여 관람자들의 관심을 유발한다. 이를 위해 흑스 유전자의 의미와 그 차별적 발현 조절로 인해 나타난 생명체의 변화를 쥐의 흑스 유전자 발현 조절을 통한 표현형 변화를 연구한 최근의 실험 과정 및 결과를 실물 골격과 사진, 텍스트를 복합 구성하여 연출한다. 가깝고도 먼 너와 나는 포유동물들이 가지고 있는 유선세포에서 추출한 DNA 염기서열의 유사도를 비교하여, 진화적으로 멀고 가까운 유연관계를 비교 분석하는 과정을 인터랙션 영상을 통해 관람자가 체험할 수 있도록 연출한다. 이를 위해 대

상 포유동물 종들을 선택하고, 이들의 염기서열을 데이터를 비교하여 유사도를 분석해 줄 수 있는 소프트웨어를 구축한다. 멀티미디어를 구현할 때에는 애니메이션으로 표현하여 관람자에게 친근한 화면이 되도록 하고, 심화 선택 항목으로 PCR 관련 내용을 영상으로 구성한다.

성과 유전적 조합은 무성생식, 유성생식, 영차영차 집게발의 세 전시물로 구성한다. 세 전시물 모두 생육전시를 기본으로 하여, 실제 생물과 생식의 원리, 결과로서의 다양성 확보가 복합적으로 구성될 수 있도록 생육-확대 관찰 시스템-소프트웨어 작동 모형-인터랙션 영상을 복합적으로 연출한다. 성과 유전적 조합 코너의 전시물 구성은 <그림 23>과 같다.

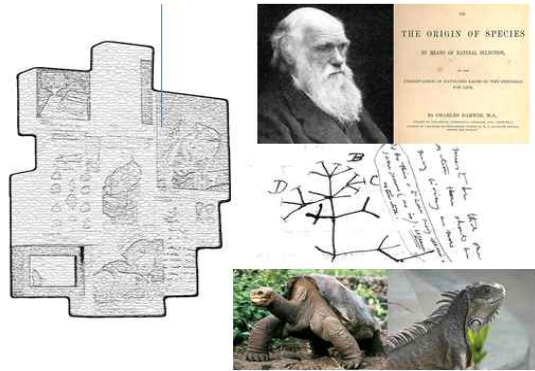
환경과 자연선택은 다윈과 자연선택, 핀치의 발견, 핀치의 변화, 핀치의 유전자, 자연이 되어 선택해 보세요, 특별하게 적응한 다양한 눈, 어떻게 보일까요, 연체동물의 다양한 눈의 여덟 가지 전시물로 이루어져 있다. 다윈과 자연선택은 이 전시 쪽의 도입적 성격으로, 다윈이 비글호를 타고 갈라파고스 군도에 도착하는 과정과 갈라파고스에서 발견한 다양한 생물 군상들을 영상과 그래픽패널로 복합 구성한다. 핀치의 발견은 한 종의 조상 종으로부터 현재의 다양한 핀치로 진화하게 된 계통도를 전시하고, 자손 중에 해당하는 핀치들의 다양한 표현형들을 부리를 중심으로 모형을 만들어 전시한다. 각 핀치의 먹이 및 환경 조건을 함께 구성 연출하여 핀치의 표현형과 환경과의 관계에 대해 생각해 볼 수 있도록 연출한다.

핀치의 변화는 갈라파고스 군도에 속한 다프네 섬에서 30년 동안 핀치에 대해 연구한 그랜트 박사 부부의 연구 결과를 구성하는 전시물이다. 핀치의 변화에 결정적인 역할을 한 것으로 생각되는 다프네 섬의 건기와 우기 환경 조건을 시각적으로 체험할 수 있도록 섬의 모형을 만들고, 이와 연결하여 건기와 우기 환경에 따라 다르게 일어났던 핀치의 자연선택 과정을 그랜트 박사 연구결과를 토대로 영상으로 재구성한다.

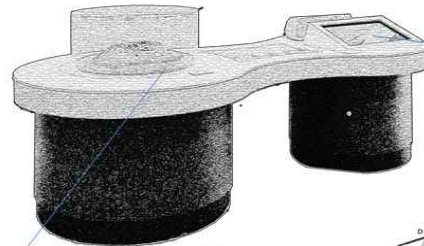
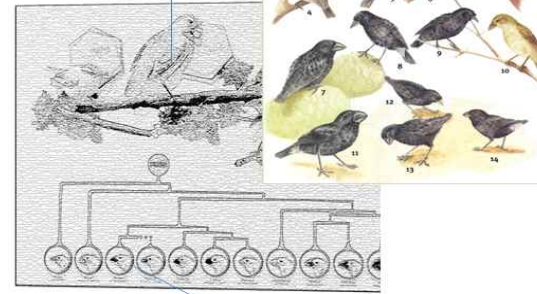


그림 23. 「V. 성과 유전적 조합」 전시 구성

다윈과 자연선택 관련 사진 패널과 애니메이션



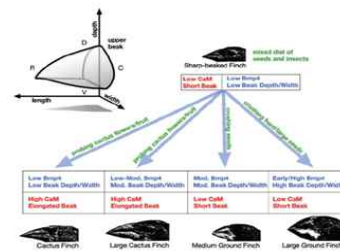
환경에 따른 다양한 핀치



다프네섬 환경에 따른 핀치 부리 변화



유전자발현조절에 따른
핀치 부리 표현형 변화
시뮬레이션



다양한 핀치의 부리 형태

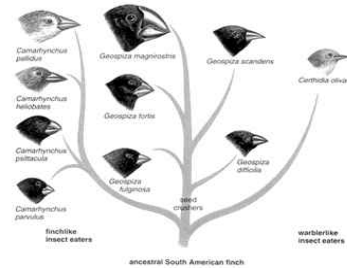


그림 24. 「Ⅵ. 환경과 자연선택」 전시 구성(1)

또한 실제 연구팀의 인터뷰 영상과 음향을 함께 전시하여 체험요소를 더할 수 있도록 연출한다. 핀치의 유전자는 다윈이 다양한 핀치를 발견하고, 그랜트 연구팀이 자연 환경 변화에 따른 자연선택이 그 원인이 되었음을 밝혀낸 것과 더불어 핀치의 부리에 변화가 일어난 기작을 분자생물학적으로 규명한 Abzhanov 연구팀의 연구결과를 통합적으로 탐구할 수 있도록 구현하기 위한 전시물이다. 유전자의 발현 조절 양상에 따라 다양한 형태의 부리로 발생할 수 있음을 인터랙션 영상을 통해 재구성하여 관람자가 유전자 발현조절 메커니즘을 체험해 볼 수 있도록 한다. 다윈과 자연선택, 핀치의 변화, 핀치의 유전자에 관한 전시물은 <그림 24>와 같다.

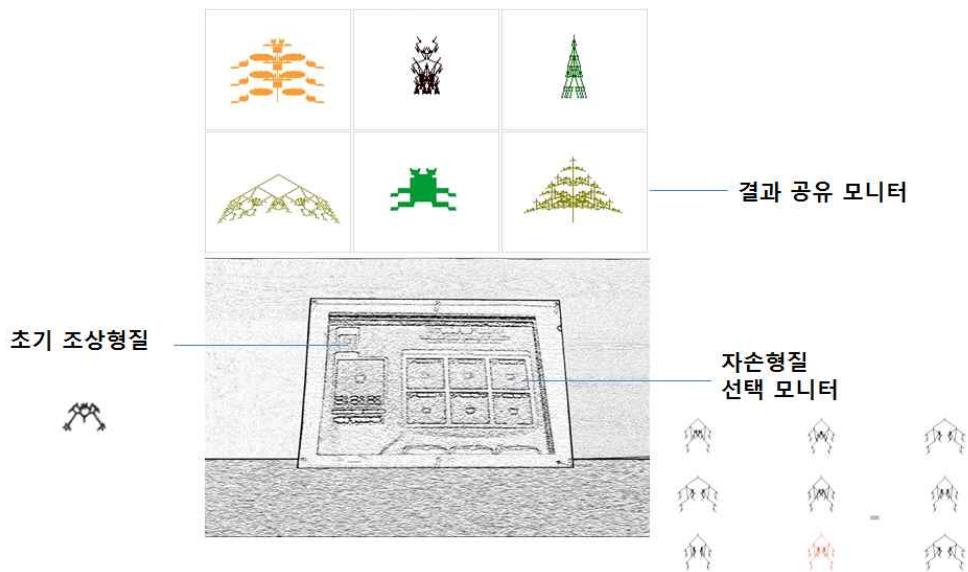


그림 25. 「VI. 환경과 자연선택」 전시 구성(2)

자연이 되어 선택해 보세요는 자연선택 시뮬레이션을 구현하여 화면에 나타난 다양한 자손 중 어떤 자손을 선택하는지에 따라 그 다음 세대의 표현형이 달라지는 메커니즘을 인터랙션을 통해 반복적으로 시행할

수 있도록 구성하고, 이것이 누적될수록 조상 개체와 점점 다른 모습으로 변화해 가는 것을 확인할 수 있도록 한다. 언어낸 결과를 상단의 모니터로 전송할 수 있도록 하고, 상단부 모니터를 여러 개로 운영하여 여러 관람자가 얻은 결과를 타인과 공유할 수 있도록 <그림 25>와 같이 연출한다.



그림 26. 「VI. 환경과 자연선택」 전시 구성(3)

특별하게 적응한 다양한 눈은 다양한 생물의 눈을 확대한 그래픽패널을 그 생물의 서식 환경과 함께 벽면 전시하여 이어지는 연체동물의 눈과 자연선택 관련 전시물들의 도입의 역할을 하도록 구성한다. 곤충을 포함한 다양한 생물들의 예시를 통해 생물의 다양한 눈 역시 환경에 적응하고 자연선택된 결과라는 것을 느낄 수 있도록 다채롭게 연출한다.

어떻게 보일까요는 연체동물의 진화에 따른 눈의 구조와 기능에 대해

연구한 실험적 결과들을 바탕으로 평평한 면에 빛을 감지하는 세포들이 배열되어 있는 단순한 형태의 눈으로부터 컵모양의 구조에 배열된 형태, 바늘구멍 사진기와 같은 형태를 거쳐 카메라 눈의 형태에 이르기까지를 단계적인 모형으로 제시하고, 이를 구형하여 관람자가 모형을 작동시킨 후 도구를 이용하여 선택한 눈에 따라 어떤 상으로 보이는지를 체험할 수 있도록 구성한다. 이어지는 전시인 연체동물의 다양한 눈에서는 어떻게 보일까요에서 체험한 다양한 눈의 형태를 실제로 가지고 있는 대표 연체동물들을 생육 전시하여 관람자들이 생물에 따른 서식 환경과 생활 양식에 따라 어떤 눈의 형태가 적합하게 선택되었는지를 직접 관찰할 수 있게 연출한다. 이 때 이전 전시와의 관련을 위해 각 생물의 눈의 구조 그림을 함께 연출하도록 한다. 전시 구성 모식도는 <그림 26>과 같다.

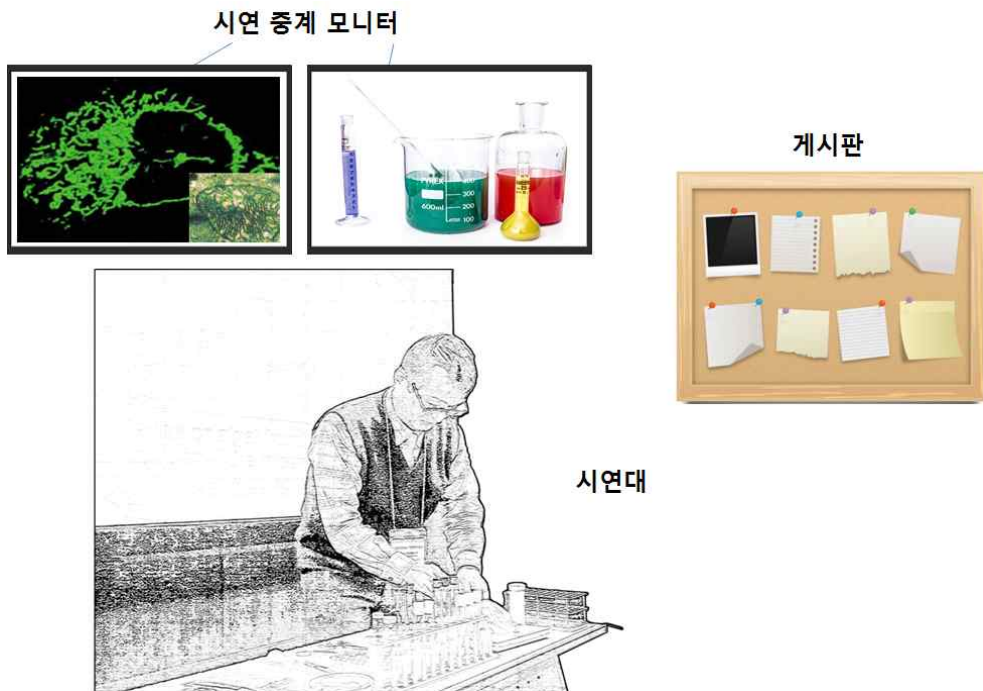


그림 27. 「VII. Open Lab」 전시 구성

Open Lab은 생명의 연속성 및 라이브진화센터 전체를 종합하면서 앞서 다룬 많은 내용들이 현재에도 계속 일어나고 있으며, 이에 대한 연구들도 활발하게 진행되고 있음을 느낄 수 있도록 연출한다. 시연대는 시연 프로그램이 진행되는 동안 그 상황을 보다 많은 관람자들이 볼 수 있도록 대형 모니터를 통해 중계되도록 구성하며, 라이브진화센터 중간 중간에도 이를 중계하는 모니터가 위치하도록 한다. 시연뿐만 아니라 체험 프로그램도 운영하여 관람자가 직접 실험기구를 다루어 보거나 실험 과정에 참여하여 살아있는 과학을 체험할 수 있는 공간이 되도록 연출한다. Open Lab 코너의 전시물 구성은 <그림 27>과 같다. 게시판은 관람자와 라이브진화센터의 상호소통 수단의 개념으로 관람자가 자유롭게 궁금한 점을 남기고, 이를 주기적으로 수합하여 시연 또는 체험 프로그램에 반영하도록 운영하게 한다. 또한 생명의 연속성에 관한 최근의 연구 결과들을 진화 뉴스로 재구성하여 게시하고, 주기적으로 내용을 교체할 수 있도록 연출한다.

생명의 연속성 관련 교육과정 분석부터 라이브진화센터 전시 콘텐츠의 개발에 이르는 본 연구의 결과는 <그림 28>과 같이 종합적으로 도식화하여 나타낼 수 있다.

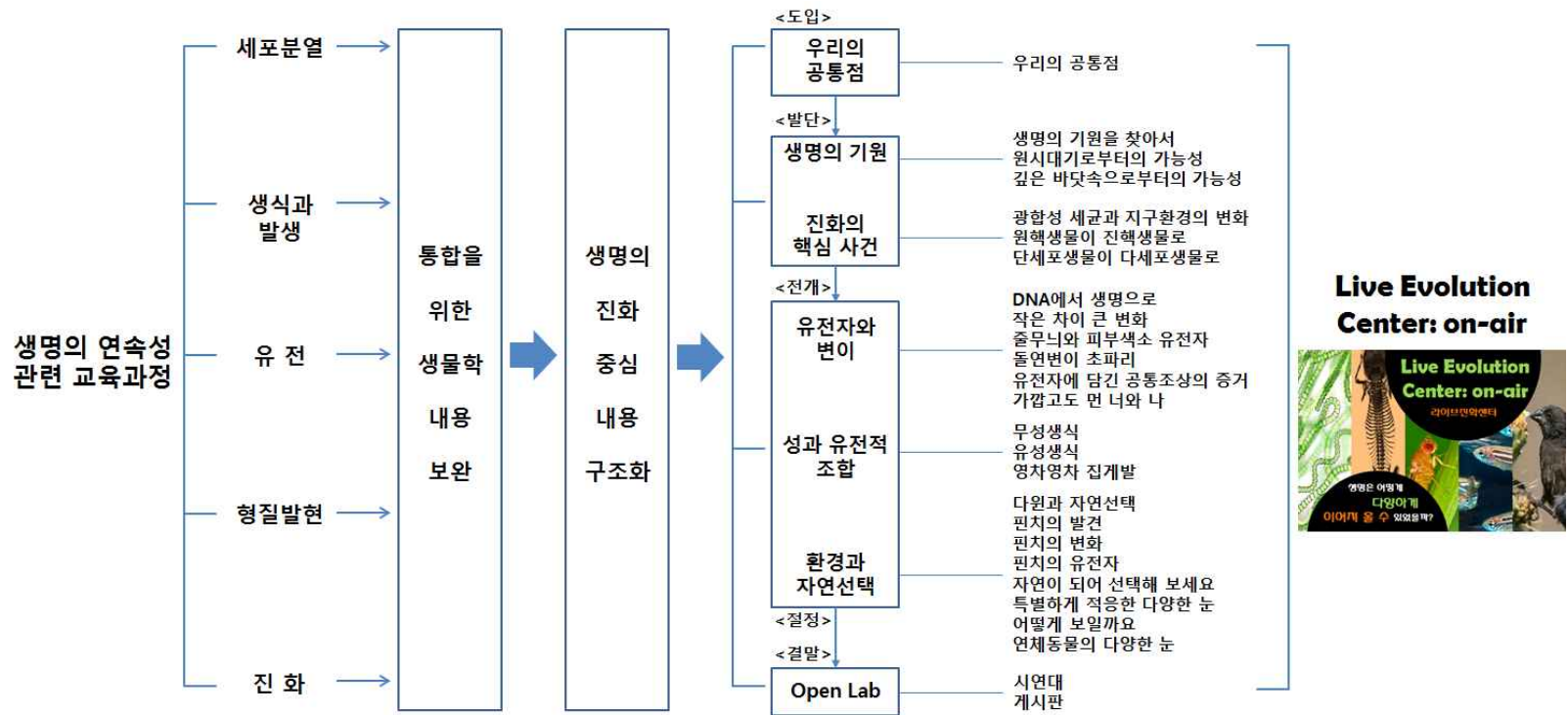


그림 28. 전시 콘텐츠 개발 결과 종합

3. 전시 콘텐츠 개발 결과 검토 및 평가

본 연구에서는 생명의 연속성의 통합적 이해를 위한 과학관 전시 콘텐츠를 개발하고, 개발한 전시 콘텐츠에 대한 전시 평가를 실시하였다. 평가 주체는 현직 중·고등학교 교사들을 대상으로 하였으며, 평가 설문 문항은 (1) 교사의 기본 정보 및 과학관 학습 관련 배경, (2) 개발한 전시 콘텐츠에 관한 평가 및 의견, (3) 학교-과학관 연계 학습에 대한 인식 조사의 세 영역으로 구성하여 평가를 진행한 후 결과를 분석하였다.

3.1 검토에 참여한 교사의 과학관 학습 관련 배경

설문에 참여한 교사 중 57.1%의 교사들은 학생들을 대상으로 과학관 학습을 시행해 본 경험이 있는 것으로 조사되었다. 학생들과 과학관 학습을 해 본 경우 어떤 종류의 교육을 시행해 보았는지에 대한 질문에 거의 대부분인 93%의 교사가 학생 자유 관람시간 제공과 단순관람지도라고 응답을 하였으며, 나머지 교사는 과학관의 교육프로그램에 학생을 참여시켰다고 응답하였다.

과학관 학습을 실행해 본 교사의 경우 과학동아리 또는 과학반 학생을 대상으로 하였다는 응답이 77.8%였고, 영재학급 학생들을 한 경우가 나머지를 차지하였으며, 교과담당학급이나 담임학급을 대상으로 한 경험은 없는 것으로 조사되었다. 이것은 학생들과 과학관을 방문해 본 경험이 있는 교사의 경우 교육 시기는 특별활동 시간과 방과 후 시간이라고 답하였으며, 교육 횟수는 공통적으로 연 1회로 응답한 것과 연관하여 현장에서 과학관을 활용하는 경우는 대부분 1년에 한 번씩 하는 일회성 체험학습에 그치는 것으로 생각할 수 있다.

과학관 학습을 위하여 수업을 준비해 본 경험이 있는지를 묻는 질문

에는 3명의 교사만이 그렇다고 대답하였으며, 나머지 교사들은 과학관 학습을 위한 수업 준비 경험이 없다고 응답하였다. 수업을 준비해 본 교사의 경우 교과 이외에 학생의 체험활동을 위한 내용으로 체험활동 자료를 만들어 본 적이 있다고 답한 경우가 2명이었고, 전시물을 활용한 교수학습 자료를 준비해 보았다고 응답한 교사는 한 명에 불과했다. 이러한 결과로 보아 대부분의 교사는 과학관 학습을 준비할 때 과학관 전시물을 통한 교육에 대해서는 특별한 준비를 하지 않으며, 학교 차원에서의 과학관 방문은 학생들이 자율적으로 전시물을 관람하는 연 1회의 체험활동 위주로 운영되고 있다는 것을 알 수 있다.

3.2 개발한 전시 콘텐츠에 대한 교사 의견

본 연구에서 개발한 전시 콘텐츠에 대한 평가를 교사를 대상으로 한 설문문을 통해 조사하고, 검토 의견을 수합하였다. 개발한 전시 콘텐츠의 중주제와 소주제 및 세부 전시물 연출 등의 정보를 제공하고, 각 전시물들에 대한 ‘생명의 연속성 관련 내용요소 반영 정도’, ‘교육과정 및 교과내용과의 연계성’, ‘생명의 연속성에 대한 통합적인 이해를 위한 활용가능성’, ‘과학에 대한 흥미 증진 가능성’을 조사하였으며, 전시 콘텐츠 코너마다 좋은 점과 보완이 필요한 점에 대한 의견을 제출하도록 하였다. 질문들은 ‘생명의 연속성 요소 반영’, ‘교과내용 연계’, ‘통합적 이해’, ‘과학에 대한 흥미’로 범주화하였으며, 각 항목마다 ‘매우 아니다’ ~ ‘매우 그렇다’ 중 하나에 표시하도록 하였다. 5개의 보기마다 응답한 교사의 수는 결과 분석표의 ‘빈도(%)’ 항목과 같으며, ‘매우 아니다’ ~ ‘매우 그렇다’에 1점~5점의 점수를 부여하여 환산한 후 환산 평균과 표준편차를 계산하여 기입하였다. 또한 전시 콘텐츠 전체에 대한 종합 평가를 받았다. 평가 결과를 중주제별로 제시하면 <표 45>와 같다.

표 45. 라이브진화센터 전시 평가

전시 콘텐츠	질문	빈도(%)				환산 평균 (표준편차)		
		매우 아니다	아니다	보통 이다	그렇다		매우 그렇다	
I. 우리의 공통점	생명의 연속성	-	-	1 (7.1)	7 (50.0)	6 (35.7)	4.4 (.610)	
	내용요소반영	-	-	1 (7.1)	6 (42.9)	7 (50.0)	4.4 (.623)	
	교과내용연계	-	-	2 (14.3)	3 (21.4)	9 (64.3)	4.5 (.732)	
	통합적 이해	-	-	-	7 (50.0)	7 (50.0)	4.5 (.500)	
	과학에 대한 흥미	-	-	-	-	-	-	
II. 생명의 기원	생명의 연속성	-	-	1 (7.1)	5 (35.7)	8 (57.1)	4.5 (.627)	
	내용요소반영	-	-	-	3 (21.4)	11 (78.6)	4.8 (.410)	
	교과내용연계	-	-	1 (7.1)	4 (28.6)	9 (64.3)	4.6 (.623)	
	통합적 이해	-	-	-	5 (35.7)	9 (64.3)	4.6 (.479)	
	과학에 대한 흥미	-	-	-	-	-	-	
III. 진화의 핵심사건	생명의 연속성	-	-	-	7 (50.0)	7 (50.0)	4.5 (.500)	
	내용요소반영	-	-	-	6 (42.9)	8 (57.1)	4.6 (.495)	
	교과내용연계	-	-	1 (7.1)	3 (21.4)	9 (64.3)	4.3 (.707)	
	통합적 이해	-	-	1 (7.1)	5 (35.7)	8 (57.1)	4.5 (.627)	
	과학에 대한 흥미	-	-	-	3 (21.4)	11 (78.6)	4.8 (.410)	
IV. 유전자와 변이	생명의 연속성	-	-	-	4 (28.6)	10 (71.4)	4.7 (.452)	
	내용요소반영	-	-	-	5 (35.7)	9 (64.3)	4.6 (.479)	
	교과내용연계	-	-	-	2 (14.3)	3 (21.4)	9 (64.3)	4.5 (.732)
	통합적 이해	-	-	1 (7.1)	5 (35.7)	8 (57.1)	4.5 (.627)	
	과학에 대한 흥미	-	-	-	-	-	-	
V. 성과 유전적 조합	생명의 연속성	-	-	1 (7.1)	5 (35.7)	8 (57.1)	4.5 (.627)	
	내용요소반영	-	-	-	-	-	-	

전시 콘텐츠	질문	빈도(%)					환산 평균 (표준편차)
		매우 아니다	아니다	보통 이다	그렇다	매우 그렇다	
VI. 환경과 자연선택	생명의 연속성			1	4	9	4.6
	내용요소반영	-	-	(7.1)	(28.6)	(64.3)	(.623)
	교과내용연계	-	-	1	5	8	4.5
				(7.1)	(35.7)	(57.1)	(.627)
	통합적 이해	-	-	-	4	10	4.7
					(28.6)	(71.4)	(.452)
VII. Open Lab	과학에 대한 흥미	-	1	-	3	10	4.6
			(7.1)		(21.4)	(71.4)	(.821)
	생명의 연속성	-	-	-	6	8	4.6
	내용요소반영				(42.9)	(57.1)	(.495)
	교과내용연계	-	-	2	5	7	4.4
				(14.3)	(35.7)	(50.0)	(.718)
	통합적 이해	-	-	3	4	7	4.3
				(21.4)	(28.6)	(50.0)	(.795)
	과학에 대한 흥미	-	-	1	4	9	4.6
				(7.1)	(28.6)	(64.3)	(.623)

첫 번째 중주제인 ‘I.우리의 공통점’에 대한 평가 설문 결과, 모든 항목에 대해 4.3~4.4점을 받았으며, 이것은 그렇다(4점)와 매우 그렇다(5점)의 중간에 해당하는 점수이다. 이를 통해 중주제1에 해당하는 전시물인 ‘우리의 공통점’은 생명의 연속성 관련 내용요소를 적절히 반영하였으며, 교과내용과 연계되어 있고, 학생들의 통합적 이해와 과학에 대한 흥미를 도울 수 있을 것이라는 평가를 받은 것으로 생각할 수 있다. 교사들이 전시물이 친숙한 동물들의 입체적인 실물 모형을 통해 골격의 유사성을 찾아볼 수 있어 진화에 대한 학생들의 흥미도를 높일 수 있으며, 적응과 진화에 관한 이해도 향상을 도울 수 있을 것으로 평가하였다. 보완점으로는 보다 다양한 동물을 추가로 제시하거나 상사기관을 함께 제시하여 비교와 차이점을 통해 학생들의 학습을 도울 수 있으면 좋겠다는 의견이 있었다. 중주제1은 전체 전시에 대한 도입의 성격으로, 라이브진

화센터 전체에 대한 호기심과 흥미를 유발하기 위한 목적으로 기획하였으므로, 전시의도가 잘 표현된 것으로 생각할 수 있다.

두 번째 중주제인 ‘생명의 기원’에 대한 평가 결과는 모든 항목에서 4.5~4.8점의 환산 평균 점수를 받았으며, 특히 교과내용과의 연계 항목에서 매우 높은 평가 결과를 얻었다. 생명의 기원은 현재까지 발견된 가장 오래된 생명체의 흔적을 찾아낸 과학자들의 연구 과정 및 결과와 지구 최초의 생명은 어떻게 나타났을까를 밝히기 위한 과학자들의 끊임없는 노력을 나타내고자했던 전시 코너로, 탄소 동위원소를 통해 최초 생명체의 흔적을 찾는 과정과 밀러-유리 실험, 심해열수분출공에서 생명 기원 가능성을 탐구하는 과정들이 세부 전시물로 구성되도록 하였다. 교사들은 교과서에 추상적으로 설명되어 있어 학습과 지도가 어려운 생명의 기원에 관한 내용들이 그 의미와 함께 자세하게 나타나 있어 교과내용을 보완하면서 교수학습에 활용하기 좋을 것 같다는 의견을 제시하였으며, 평소 교과서에서 보았던 실험을 재현하여 보여주는 자체만으로도 큰 호기심과 흥미를 유발할 수 있을 것으로 평가하였다. 또한 지식의 설명뿐만 아니라 과학자들의 탐구과정과 실험의 의의와 한계를 함께 제시하여 전시물을 활용한 탐구활동을 구성하기에 좋을 것이라는 의견도 조사되었다. 보완점으로는 생성된 유기물의 분자모형을 전시할 때에는 크기를 충분히 크게 하여 관람효과를 높이면 좋겠다는 의견이 있었다.

‘Ⅲ. 진화의 핵심사건’은 라이브진화센터의 세 번째 중주제로, 현재까지 밝혀진 중 지구에서 가장 오래된 생명체인 시아노박테리아와 광합성, 원핵세포와 진핵세포, 단세포생물과 다세포생물을 현미경으로 관찰해보고, 단순했던 최초의 생명체가 어떻게 현재의 복잡한 생물들로 진화해올 수 있었는지에 대한 물음을 탐구하는 공간으로 기획되었다. 평가결과 모든 항목들은 평균적으로 4.5의 평가점수를 받았으며, 특히 생육 전시라는 것을 긍정적으로 평가한 의견이 많았다. 생육 전시 및 현미경 관찰과 더불어 심화 내용으로 제시한 세포내 공생설에 관한 부분에 긍정적인 평가가 있었으며, 추가 의견으로는 학생들이 직접 작동시켜보고 변화시켜

볼 수 있는 요소가 좀 더 추가되면 좋겠다는 의견이 있었다. 또한 원핵 세포와 진핵세포의 비교 등에 관한 부분을 학생들이 태블릿PC 등을 통해 복습할 수 있게 해주는 자료가 있으면 좋겠다는 의견도 조사되었다.

네 번째 중주제인 ‘유전자와 변이’는 DNA의 구조와 기능을 모형과 영상을 통해 이해할 수 있도록 하는 전시와 이 과정에 변이가 일어나면 어떤 일들이 발생하는지에 대한 전시, 그리고 진화적으로 보존된 유전정보가 갖는 의미와 공통조상으로부터 생물의 다양성을 유발해 온 변이 등을 생육과 식물모형, 영상, 음향 등을 통해 다양하게 보여주는 쪽이다. 평가 결과 다양한 동물들의 돌연변이의 제시와 혹스 유전자의 발현에 관한 내용이 특히 학생들에게 흥미를 유발할 것이라는 의견이 조사되었다. 또한 학생들이 어려워하는 대표적인 개념인 DNA와 유전자에 대한 다양한 시각자료와 실제 실험연구 결과들이 통합적인 이해에도 도움이 될 것이라는 의견들이 조사되었다. 중주제Ⅳ에 대한 전체 평가 결과 네 항목 모두 높은 점수를 받았으며, 특히 생명의 연속성 내용요소 반영과 교과 내용 연계 항목에서 다른 중주제과 비교하여 상대적으로 높은 평가를 받았고, 통합적 이해 항목에서는 다른 중주제에 비해 낮은 표준편차가 나타났다. 이것은 유전자와 변이 부분이 DNA, 유전자, 유전, 형질발현 등 생명과학 교육과정에서 높은 비중을 차지하는 내용요소들이 많이 포함되어 있기 때문으로 해석할 수 있다.

성과 유전적 조합은 다섯 번째 중주제로, 무성생식과 유성생식, 영차영차 집게발이라는 전시물들로 구성되어 있다. 무성생식과 유성생식, 성선택의 대표적인 생물들을 생육전시하고, 이와 관련된 영상과 작동전시물들을 통해 생식과정에서 일어나는 생명 다양성의 메커니즘을 탐구해볼 수 있는 전시 콘텐츠이다. 중주제Ⅴ에 대한 평가결과 5점 만점에 평균 4.6점의 평가를 받았으며, 과학에 대한 흥미에 관한 문항에서 매우 우수한 평가를 받았다. 생육과 영상, 작동체험물, 패넌 등의 요소가 고루 포함되어 복합적으로 구성된 ‘영차영차 집게발’에 관한 긍정적인 의견들이 많았으며, 단순 설명이 아니라 관람자와 전시물의 상호소통이 학생들

의 호기심 유발에 좋을 것 같다는 의견이 있었다. 또한 농게 이외에도 다양한 생물들의 성선택 관련 내용들을 추가해도 좋을 것 같다는 의견이 제시되기도 하였다.

여섯 번째 중주제는 ‘생명은 자연선택을 통해 어떻게 진화되어 왔을까?’를 탐구질문으로 하여 가장 많은 8개의 소주제 전시물을 포함하고 있는 ‘환경과 자연선택’이다. 8개 중 전반부 4개의 전시물은 핀치를 주요 소재로 하여 다윈이 갈라파고스군도에서 다양한 핀치를 처음 발견하고, 자연선택의 아이디어를 얻었으며, 이후 여러 과학자들에 의해 수행된 하나의 조상종 핀치로부터 어떻게 현재 13종 이상의 다양한 핀치들이 나타나게 되었는지에 관한 연구 과정과 결과를 복합적으로 체험하도록 구성되어 있다. 이어지는 전시에는 자연선택 시뮬레이션을 체험하고 타인과 결과를 공유해봄으로써 자연선택의 원리를 체험할 수 있도록 하였으며, 후반부 3개의 전시물은 생물의 눈을 소재로 하여 환경에의 적응과 자연선택을 복합적으로 제시하였다. 그 결과 통합적 이해에서 특히 높은 평가를 얻었으며, 모든 요소에서 평균 4.6점의 좋은 평가를 받았다. 세부 평가의 경우 과학자들의 탐구과정을 재현하여 학생들이 체험해 볼 수 있게 하는 것이 좋다는 의견과 자연선택 시뮬레이션의 체험과 타인과의 결과 공유부분이 이해도를 높이면서 흥미요소로 작용한다는 의견이 많았다. 눈에 관한 전시물에 관해서는 눈의 다양성과 진화를 복합 구성한 것이 새롭고 신선한 접근이면서 생육전시라는 점이 좋다는 평가를 내린 응답과 관련 배경지식이 부족한 경우 눈과 진화를 연결하여 생각하기가 어려울 수 있다는 상반되는 평가가 있었으므로 이에 대한 보완이 필요하다.

마지막 중주제이자 라이브진화센터 스토리라인의 결말 부분에 해당하는 ‘Open Lab’는 다른 중주제들과는 달리 고정된 전시물을 관람하는 것이 아니라 시범실험의 시연 또는 체험과 최신 진화 연구에 관한 소식 등으로 역동적으로 구성되는 코너이며, 관람자가 의견을 남길 수 있어 다른 전시물보다 양방향 소통이 더욱 강조되어 있는 전시 코너이다. 네 항

목의 환산 평균의 평균은 4.4점으로 우수한 평가 결과가 나타났으며, 운영에 대한 기대를 보이는 의견들이 많았다. 생명의 연속성과 관련한 최근의 연구 결과들을 접할 수 있으며, 고정된 내용이 아니라 더욱 다양한 내용으로 구성될 수 있다는 장점에 대한 긍정적인 평가들이 있었다. 최근 강조되고 있는 자유탐구와 연계하여 활용하는 방안을 제시하는 의견도 조사되었으며, 게시판 운영과 관련하여 학생들의 자유로운 참여와 대표 질문을 선정하여 답변을 전시화하는 등의 제안들이 있었다. 이러한 의견들을 종합해볼 때 실제 전시물을 구현할 때에는 Open Lab의 전시의도를 충분히 반영하여 시연 프로그램의 선정과 게시판 질의응답 코너의 운영이 활발하게 운영될 수 있도록 해야 할 것이다.

각 세부 전시콘텐츠에 대한 평가 결과를 종합해보면, 라이브진화센터의 모든 전시 콘텐츠들이 환산 평균 4.3에서 4.7사이의 점수를 얻었으며, 항목별로는 모든 콘텐츠들의 생명의 연속성 내용요소 반영정도가 4.5, 교과내용 연계 가능성은 4.6, 학습자의 통합적 이해를 돕는 측면은 4.5, 과학에 대한 흥미 고취 측면은 4.6의 평균 점수를 얻었다. 이러한 결과로 보아 라이브진화센터 전시 콘텐츠의 기획에서 의도하고 목표한 바와 같이, 개발한 결과물이 생명의 연속성에 대한 통합적 이해를 돕고, 학교 교육과 연계하기 위한 교육과정 내용요소를 잘 반영하여 만들어진 것을 확인할 수 있었다.

3.3 전체 콘텐츠에 관한 종합 의견

설문에 참여한 모든 교사들의 각 중주제에 대한 평가 의견을 조사한 후에는 라이브진화센터의 적용에 대한 의견에 답하도록 하였다. 종합 의견에 관한 문항은 총 세 가지로, 각각 전시 콘텐츠의 수준과 추천하고 싶은 대상, 관람 및 체험 시기에 관한 문항이었다. 우선 첫 번째 문항은 ‘이 전시 콘텐츠는 어느 수준의 학습자에게 적합하다고 생각하십니까?’로

초등학생, 중학생, 고등학생, 대학생, 일반 대중, 교사의 6개의 보기 중에서 중복 선택이 가능하도록 하였다. 그 결과는 <그림 29>와 같다.

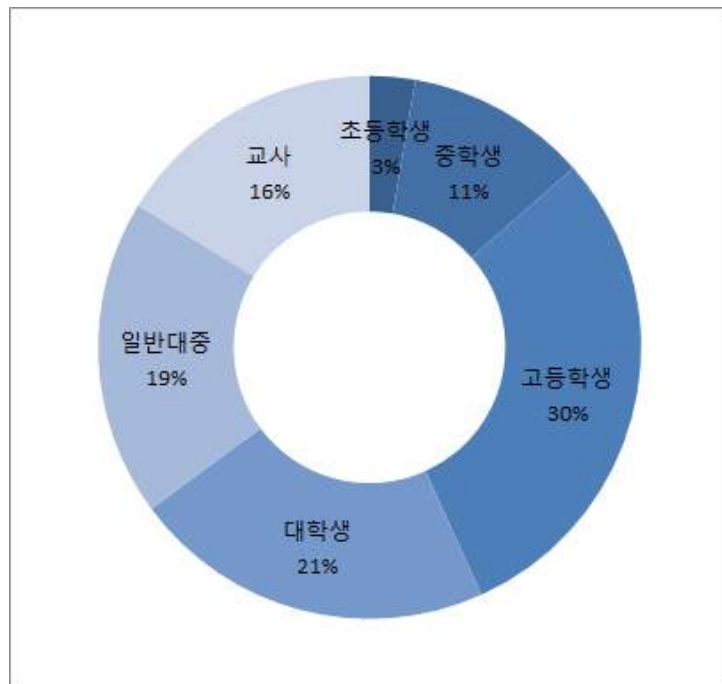


그림 29. 과학관 전시 콘텐츠 수준 설문 결과

가장 많은 교사가 선택한 대상은 고등학생(30%)이었으며, 그 다음으로는 대학생(21%), 일반대중(19%)순 이었다. 또한 ‘이 전시 콘텐츠를 추천해주고 싶은 대상은 누구입니까?’라는 문항에 대한 응답 역시 고등학생이 23%로 가장 높은 비중을 차지하였으며, 대학생(18%)이 그 뒤를 이었다. 또한 중학생, 교사, 일반대중이 모두 16%로 동등하게 다음 순위를 차지하였다. 그 결과는 <그림 30>과 같다.

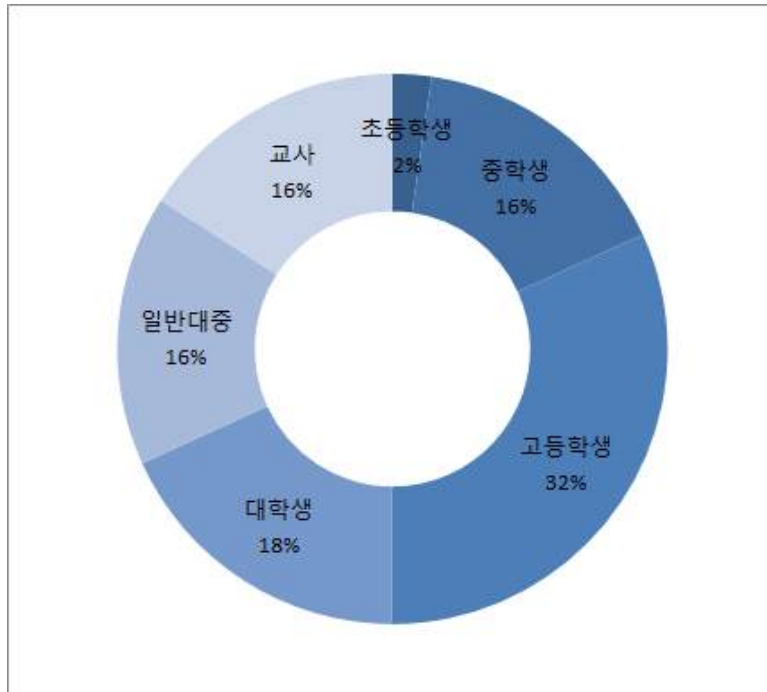


그림 30. 과학관 전시 콘텐츠 추천 대상 설문 결과

두 문항의 응답 결과를 종합해 볼 때, 본 전시 콘텐츠는 고등학생을 타겟으로 하여 고등학교 교육과정에 연계하여 활용할 수 있도록 기획하였으므로, 수준이 적절하게 개발되었다고 판단할 수 있으며, 고등학교 생명과학Ⅱ가 형질발현과 진화, 분자생물학과 생명공학에 관한 내용을 주로 다루고 있는 것을 고려할 때, 본 전시물이 대학생 이상의 관람자들에게도 적합하게 다루어질 수 있는 콘텐츠 수준을 가지고 있음을 알 수 있다. 이것은 우리나라 과학관의 전시물들이 대부분 초등학교 이하 연령층의 수준에 맞춰져 있으며, 청소년층 이상의 관람자들을 위한 콘텐츠가 부족함을 지적한 선행 연구(김혜원, 2004)에 비추어 보아 개발 필요성이 있는 콘텐츠로 평가할 수 있다.

전체 콘텐츠에 관한 세 번째 문항은 ‘만약 학생들에게 이 전시 콘텐츠의 관람을 제안한다면, 관람 및 체험 시기는 언제로 추천하고 싶으십

니까?’라는 문항으로, ‘해당 내용을 학교에서 배운 후’, ‘해당 내용을 학교에서 배우는 중’, ‘해당 내용을 학교에서 배운 후’의 세 가지 보기 중에서 선택하도록 하였다. 복수응답이 가능하도록 하였으며, 교사들의 추천 관람시기를 종합한 결과는 <그림 31>과 같다.

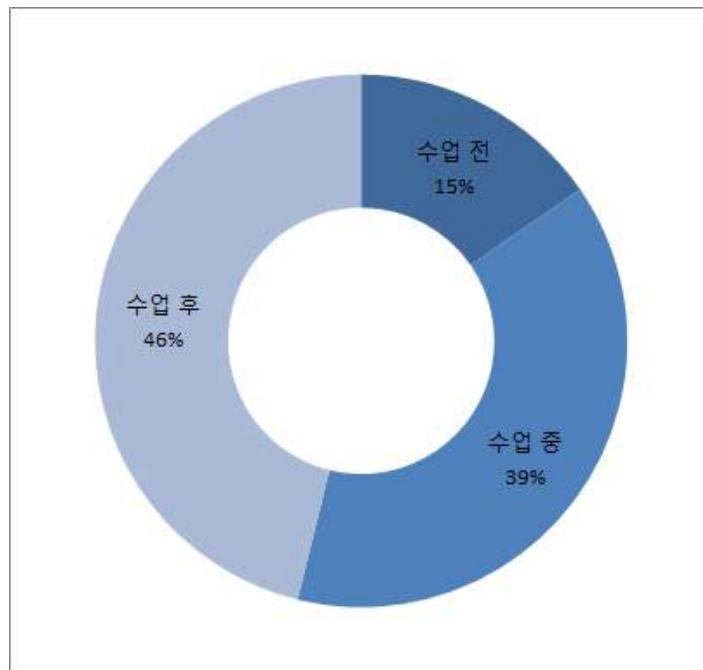


그림 31. 과학관 전시 콘텐츠 추천 관람 시기 설문 결과

가장 많은 교사들이 본 연구에서 개발한 전시 콘텐츠의 관람을 위해 추천한 시기는 관련 내용을 학교 수업 시간에서 다룬 후(46%)였으며, 해당 내용을 학교에서 배우는 중(39%)이 그 뒤를 이었고, 배우기 전에 관람하면 좋을 것 같다는 의견은 15%였다. 이것은 14명의 교사 중 각각 12명, 10명, 4명이 선택한 결과로, 전시 평가를 위한 설문에 참여한 대부분의 교사들은 학교 교육을 중심으로, 학교 교육의 시행 중과 후에 전시 콘텐츠의 내용을 학교 수업과 연계하여 이해하도록 하는 것을 추천한다

는 의견을 나타내었다. 이것은 개발한 전시 콘텐츠 내용이 학교 교육과 연계하기에 적합하다는 적극적인 가능성을 보여주는 결과라고 생각할 수 있다.

3.4 학교-과학관 연계 학습에 대한 교사 인식

형식교육과 비형식교육을 연계하는 학교-과학관 연계학습에 관한 교사 설문 문항은 총 6문항으로, 이 중 두 문항은 객관식 응답에 대해 해당 보기를 선택한 이유를 묻는 문항이었다. 앞의 설문 및 평가에 참여한 교사들과 동일한 교사들에 대해 동일한 방법으로 시행하였다.

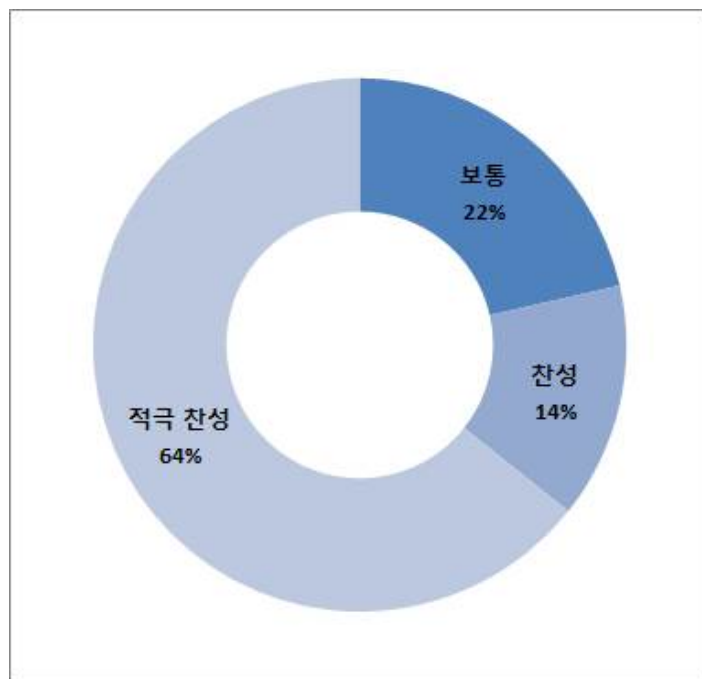
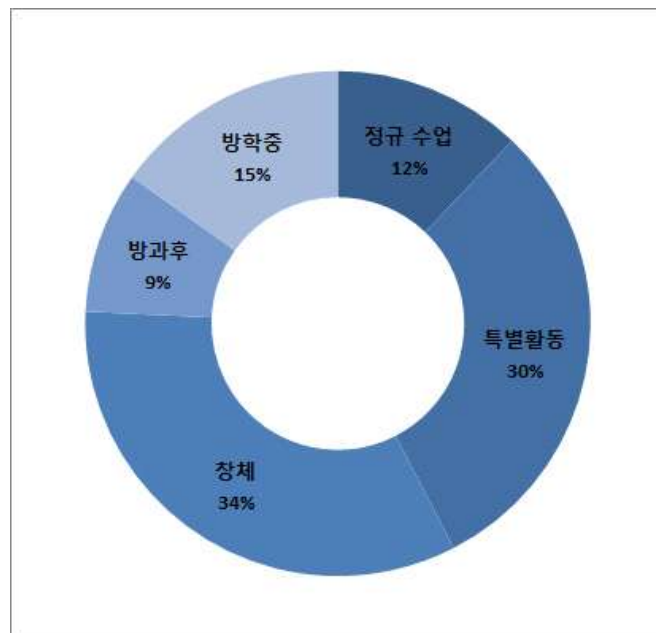


그림 32. 학교-과학관 연계 교육 운영 설문 결과

학교 수업과 과학관 학습을 연계 운영하는 것에 대한 생각을 묻는 문항에 대하여 <그림32>의 결과와 같이 전체 응답자의 64.3%는 적극 찬성한다는 의견을 보였으며, 14%의 교사가 찬성 의견, 22%의 교사들의 보통이라는 응답을 하여, 전반적으로 학교-과학관 연계 학습에 대해 긍정적인 생각을 가지고 있음을 확인할 수 있었다. 적극 찬성 또는 찬성의 의견을 가진 교사들의 경우, 그 이유를 학교 수업환경의 제약과 한계를 벗어날 수 있는 환경을 제공해 줄 수 있으며, 학교에서 추상적으로 학습한 내용들을 구체적인 경험을 통해 복습할 수 있어 학생들의 이해와 흥미를 높일 수 있으며, 교과 내용과 관련된 사고를 확장할 수 있고, 오감을 활용하여 과학을 접할 수 있는 등의 장점을 이유로 설명하였다. 보통으로 응답한 교사들의 경우에는 연계 학습이 과학교육에 많은 도움이 될 것 같지만, 교사 당 인솔해야하는 학생 수와 과학관까지의 물리적 거리, 고등학교의 교과편제 등으로 인한 제약 등의 현실적인 문제를 고려해야 함을 언급하였다.



과학관 학습을 수업에 활용한다면, 어느 시간을 이용하여 실시하는 것이 적절하다고 생각하는가에 대한 질문에 대한 응답 결과는 <그림33>과 같다. 많은 교사들이 창의적 체험활동(34%)과 특별활동(30%) 시간이라고 응답하였으며, 방학 중(15%)이 그 뒤를 이었다. 정규 수업 시간이라고 응답한 비율은 12%였다. 응답의 이유에 관한 주관식 설문에 나타난 교사들의 의견은 크게 두 종류였다.

첫 번째 이유는 정규 수업시간과 병행하는 것이 효과적이라고 생각하지만, 과학관까지의 이동 거리 및 시간의 제약, 많은 학생 수라는 물리적인 제약 조건이었다. 두 번째 이유는 정규수업을 대체하기 위해서는 과학관 학습의 높은 수준과 완성도가 요구되지만, 현재의 과학관들에서는 이것이 부족하다는 내용적인 부분이었다. 이것은 과학 수업에 과학관을 활용하고자할 때의 장애 요소가 무엇인지를 묻는 다음 문항과도 연결되는 질문이었다. 장애 요소에 관한 결과는 <그림34>와 같다.

교사들이 학교-과학관 연계 교육에 대한 장애요소로 많은 교사들이 응답한 항목은 행정절차(22%), 연계 전시 부족(20%), 학생인솔의 어려움(17%), 교사 지도 자료의 부족(12%), 교사의 경험 및 준비 부족(10%) 순으로 나타났다. 많은 교사들이 응답한 학교 교육에 연계할 수 있는 전시의 부족에 관련하여 과학관에서의 학습이 일회적인 이벤트성으로 끝나지 않기 위해서는 교과와 직접 연계된 활동을 할 수 있는 전시물과 지도 자료 등이 필요한데 그것이 잘 이루어지지 않고 있음을 이유로 드는 의견들이 있었다. 또한 교사의 경험 및 준비 부족의 어려움에 대한 해결책으로 교사를 위한 과학관 학습 프로그램이나 교사 연수 프로그램 등의 마련이 필요하다. 또한 가장 많은 응답으로 지적된 행정절차에 관한 부분과 학생 인솔의 어려움, 그리고 기타 의견으로 많이 제시된 시간 및 거리의 제약 조건 등의 해결을 위해서는 학교와 국가적 차원의 제도적인 여건 마련이 필요할 것이다.

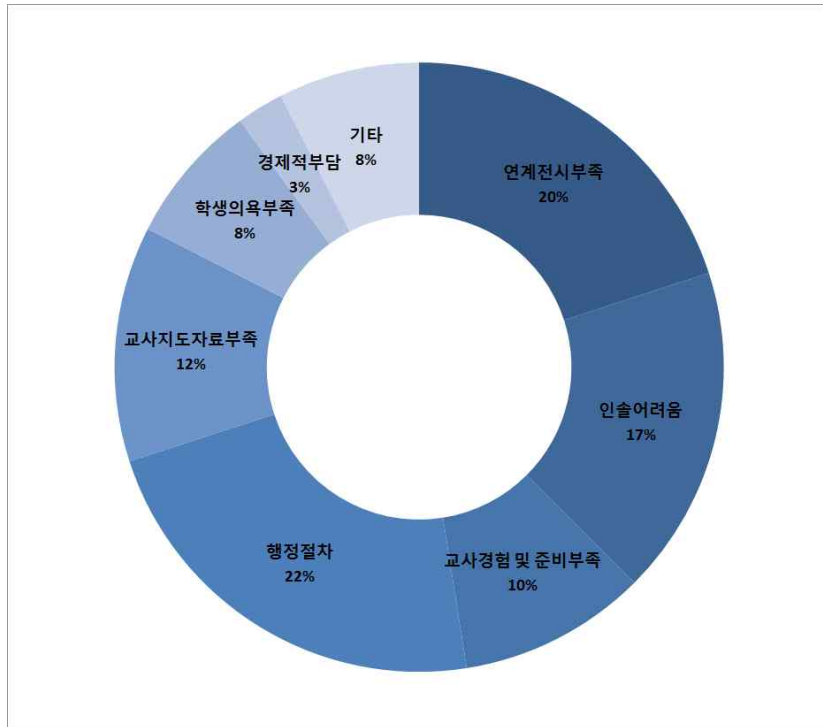


그림 34. 학교-과학관 연계 교육 장애요소 설문 결과

향후 과학관을 활용한 교육을 실행할 의향이 있는지를 묻는 문항에 관한 결과는 <그림35>와 같다. 응답 교사들의 43%가 매우 그렇다, 50%의 교사들의 교사들이 그렇다고 응답하였고, 나머지 7%는 보통이라고 응답하여, 설문에 응답한 대부분의 교사들이 학교-과학관 연계 교육에 대해 매우 긍정적으로 생각한다는 것을 알 수 있었다. 또한 이 결과는 학교-과학관 연계 교육에 관한 의견을 묻는 이전 문항의 결과와도 의미와 흐름을 같이 한다.

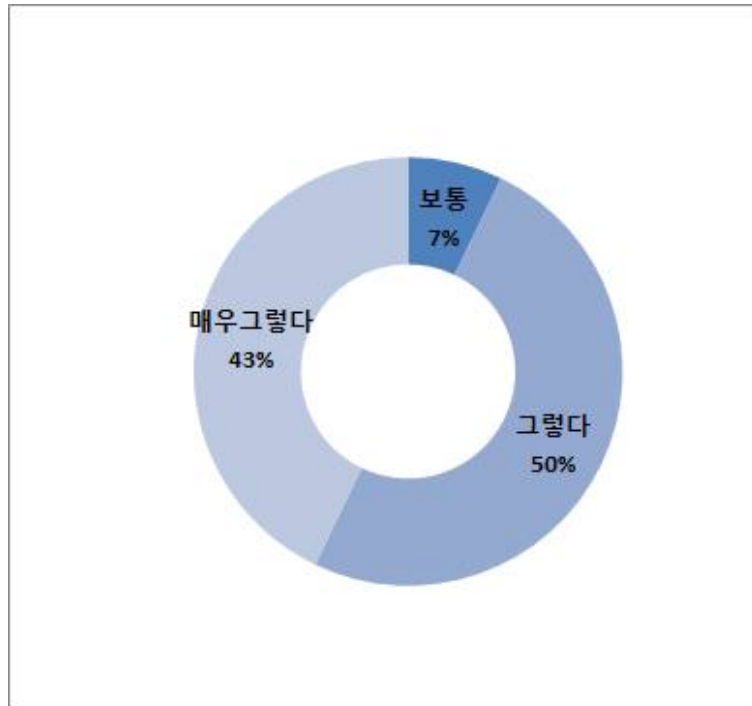


그림 35. 학교-과학관 연계 교육 실행 의향 설문 결과

결과를 종합해보면, 대부분의 교사들이 학교 교육과 과학관의 연계 교육에 대해 긍정적인 생각을 가지고 있으며, 과학관의 특성과 장점을 살려 효과적인 학습이 이루어지도록 하고 싶어 하지만, 학교 교육과정과 연계하기 위한 과학관 전시 및 지도자료 등의 부족함과 많은 수의 학생들을 데리고 과학관까지 이동해야하는 어려움과 수업 시간의 부담, 물리적이고 행정적인 제약 등의 문제점으로 인해 실행에 부담과 어려움을 겪고 있다는 것을 알 수 있었다. 그래서 현재 학교 현장의 과학관 학습이 잘 이루어지지 않고 있으며, 주로 과학동아리 또는 과학반 학생들을 대상으로 연1회 정도의 일회적 체험으로 운영될 수밖에 없었던 것이다. 따라서 향후 학교-과학관 연계 교육의 효과적인 실현을 위해서는 전시 및 교육의 내용적인 측면과 실행 및 운영에 관한 형식적인 요소들이 다각적으로 뒷받침될 수 있도록 하는 추가적인 논의가 필요하다.

제 5 장 결론 및 제언

제 1 절 결론

생명의 연속성은 생명체의 중요한 특징이면서 지구상에 생명이 탄생한 이래로 생명에서 생명이 태어나고 살아가며 또 다시 자손을 남겨 현재의 다양한 생명체들에 이르기까지의 계속적인 과정을 담고 있는 주제로, 생명과학 영역 중에서도 생식과 발생, 세포, 유전, 발생, 진화, 분자생물학, 계통학 등 다양한 영역들에 관련된다. 원시 생명체로부터 현재에 이르기까지의 연속성의 과정은 결국 생명 진화의 원리를 중심으로 통합적으로 다루어질 수 있으므로 생명의 연속성은 궁극적으로는 생명의 진화를 중심으로 생물학의 여러 영역들을 통합하여 이루어진 성격의 주제가 된다. 본 연구에서는 생명의 연속성의 통합적 이해를 위한 학교-과학관 연계 교육 전시 콘텐츠를 개발하기 위하여 우선 우리나라 고등학교 교육과정 변화에 따라 생명의 연속성을 관련 내용 구성의 특징과 연계는 어떻게 나타나는지 시기별로 나누어 분석하였으며, 분석 결과를 범주화한 후 생명의 연속성을 통합적으로 이해하기 위하여 필요한 생물학적 내용요소들을 추가 및 보완하였다.

제1차 교육과정부터 2015개정 교육과정에 이르기까지 고등학교 과학과 교육과정 중 생명의 연속성 관련 내용요소를 분석한 결과 생명의 연속성의 관련 내용요소들은 제1차 교육과정부터 2015 개정 교육과정까지 생명과학의 주요 주제로 다루어져 왔으나 교육과정 시기에 따라 각 단원별 또는 각 교과별로 분절화 된 형태로 운영되어 수평적 연계성의 확보가 어려운 것으로 나타났다. 분석 결과를 토대로 교육과정에서 다루어지는 생명의 연속성의 핵심 내용요소들은 세포분열, 생식과 발생, 유전, 형질발현, 진화로 범주화할 수 있었다. 따라서 생명의 연속성의 통합적 이해를 위한 전시 콘텐츠의 내용 선정을 위해서는 각 범주를 연계할 수 있

는 생물학 내용적 근거를 찾아 내용요소 간 통합성을 보완하는 것이 필요하였다. 교육과정 및 생물학적 내용요소 분석 결과를 기본 자료로 하여 전시 내러티브 구성을 위한 내용 구조화 및 구체화를 통해 생명의 진화를 중심으로 하여 생명의 연속성 관련 내용요소들이 논리적 상호관련성을 근거로 통합 구성되도록 전시 기획 과정을 진행하였다.

생명의 연속성의 특성을 살려 전시 콘텐츠의 메인 테마를 「Live Evolution Center: on-air(라이브진화센터)」로 하였으며, ‘생명은 어떻게 다양하게 이어져 올 수 있었을까?’를 핵심 질문으로 하여 최초의 생명체로부터 현재의 나를 비롯한 현생생물들에게 생명의 연속성이 이어져 오고 있다는 것을 탐구 질문과 체험형 전시물 등으로 구성하여 관람자가 능동적으로 전시물과 상호작용 할 수 있는 전시 콘텐츠를 개발하였다. 일곱 개의 중주제는 각각 우리의 공통점, 생명의 기원, 진화의 핵심사건, 유전자와 변이, 성과 유전적 조합, 환경과 자연선택, Open Lab으로 설정하고, 이 중주제들을 전시 내러티브적으로 배열하여 스토리라인을 이루도록 배치하였다.

학교 교육과정과 연계한 과학전시의 기획 및 개발 관련 연구의 필요성을 반영하여 전시 스토리텔링을 할 때에는 형식교육 연계 과학전시 콘텐츠를 만들 때 고려해야하는 요소를 선정하여 이를 토대로 스토리텔링을 진행하였다. 세부 연출을 할 때에는 형식교육기관보다 시·공간적으로 자유로운 과학관의 장점을 살려 관람자가 주도적으로 즐기고, 진정한 체험과 소통이 가능한 능동적인 전시 콘텐츠가 되도록 하였으며, 다양한 전시 방법 및 전달 매체를 활용하여 관람 효과를 극대화할 수 있는 전시 기법 및 전시 디자인을 기획 및 개발하는데 중점을 두었다. 또한 Open Lab 코너를 마련하여 전시와 관람자의 양방향적 상호 소통이 활발하게 일어날 수 있도록 구성하였다.

중·고등학교 생물 전공 교사를 대상으로 한 전시 평가에서 모든 전시물들이 생명의 연속성 내용요소 반영정도, 교과내용 연계 가능성, 학습자의 통합적 이해를 돕는 측면, 과학에 대한 흥미 고취 측면에서 매우 긍

정적인 평가를 받았다. 이러한 결과로 보아 개발한 전시 콘텐츠가 생명의 연속성에 대한 통합적 이해를 돕고, 학교 교육과 연계하기 위한 교육과정 내용요소를 잘 반영하여 만들어진 것을 확인할 수 있었다. 또한 학교교육과 과학관 학습을 연계하여 운영하는 것에 대해 대부분의 교사들이 찬성의 의견과 더불어 향후 과학관 활용 수업을 운영해 보고 싶다고 응답하였으나 학교 교육과정과 연계할 수 있는 자료의 부족과 물리적인 요인 등의 이유를 실행의 장애요인으로 응답하였으므로 이에 대한 개선책이 필요할 것이다.

제 2 절 제언

연구 결과를 바탕으로 교육과정과 연계한 과학관 전시 콘텐츠의 개발과 결과물의 적극적인 활용을 위한 제언을 하면 다음과 같다.

첫째, 교육과정 개발 단계에서 학년 및 학교급 간 교과내용을 조직 및 분배할 때에는 종적 연계성뿐만 아니라 수평적 연계성도 충분히 반영해야 한다. 특히 고등학교의 경우 선택과목에 따라 연계성의 단절이 일어날 수 있으므로, 이를 고려하는 것이 필요하다. 또한 이를 위해서는 교과 내용의 핵심 원리나 개념을 기반으로 한 내용 측면의 통합성이 반영되어야 한다.

둘째, 과학관의 기능과 역할이 날로 확대되고 중요하게 다루어지고 있으므로 과학관이 제 역할을 수행하고 발전시켜 나가는 데에 뒷받침할 수 있는 학술적 연구가 필요하다. 특히 전시 기획이나 전시물에 관한 연구는 대부분 박물관 또는 미술관과 관련하여 이루어진 것이 대부분이므로 다른 전시나 전시물과는 차별화하여 과학과 과학관의 특성을 제대로 반영한 과학전시에 관한 연구가 필요하다. 과학교육적으로 의미 있는 스

토리 구성과 구조에 대한 학술적 근거를 마련하고, 전시기획 단계부터 교육과정과 연계한다면 전시물의 교육적 가치를 높일 수 있으며, 활용 가치 또한 높일 수 있을 것이다.

셋째, 개발한 전시물의 효과적인 활용을 위하여 형식교육과 비형식교육의 연계 시스템의 구축이 필요하다. 전시물 관람 활동뿐만 아니라 전시 방문 전에 전시의 내용과 관계된 학습 활동 또는 오리엔테이션 활동을 한 뒤에 전시를 관람하고, 관람 후에는 전시 내용을 정리하고 연계하는 사후 학습이 이루어진다면 연계와 통합의 의의를 보다 잘 살릴 수 있을 것이다. 따라서 관람 전 교육-관람 중 전시물을 통한 교육-관람 후 교육이 유기적인 시스템을 구축할 수 있도록 하는 교사 연수나 시간 확보 등의 제도적 측면의 지원 방안이 필요하다.

넷째, 본 연구에서 개발한 전시 콘텐츠는 지식적인 내용뿐만 아니라 생육 전시와 체험형 전시, 관람자와의 소통 등의 요소를 고루 배치하여 내용에 대한 이해에 부족한 관람자라 하더라도 전시 공간 내에서 과학적이고 유의미한 경험을 할 수 있도록 개발되었다. 시민을 위한 과학에 대한 관심이 높아지고, 과학의 대중화가 화두가 되면서 평생교육 및 시민교육기관으로서의 과학관의 역할이 확대됨에 따라 이와 같이 다양한 연령층의 관람자들을 위해 전시의 다각화가 필요하며, 과학관에서 단순히 전시물의 관람뿐만 아니라 전시물과 연계한 실험이나 강연, 토론, 시연, 전문가와의 대화 등 다양한 소통의 장이 마련될 수 있어야 한다.

다섯째, 과학교육이 통합적으로 이루어져야 한다는 데에는 많은 전문가들이 동의하지만 통합과학교육의 실현에는 많은 어려움이 있음이 지적된 바 있다. 본 연구에서는 통합과학교육을 위한 한 가지 방안으로 형식교육과 비형식교육의 연계 방안을 제시하였다. 이밖에도 통합과학교육의 실현을 위한 다양하고 구체적인 연구들이 수행되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- 강인애(2012). 학교와 박물관 연계 활성화를 위한 이론적 분석: STEAM교육과 창의적 체험활동을 중심으로. 박물관교육연구, 8:1-15.
- 강인애, 설연경(2009). 전시연계 교육프로그램의 개발을 위한 학습이론으로서 ‘전시물 기반 학습(Object-basedlearning)’에 대한 사례연구. 조형교육. 33:1-38.
- 강호감, 공영태, 권혁순, 김재영, 배진호, 송명섭, 신영준, 양일호, 윤혜경, 이대형, 이명제, 임채성, 임희준, 장신호, 전영석, 채동현(2007). 초등과학교육론. 교육과학사.
- 공예진, 신명경(2012). 초등학교 과학 교육과정의 과학관 전시물에 반영 정도 탐색. 과학교육논총, 25(1):125-132.
- 과학기술부(2003). 제1차 과학관 육성 기본계획.
- 교육과학기술부(2009). 제2차 과학관 육성 기본 계획.
- 교육과학기술부(2009). 고등학교 교육과정 해설 총론. 교육과학기술부.
- 교육부(2015). 과학과 교육과정.
- 교육부(2016). 보도자료 2016.02.26.(금)
- 국립중앙과학관(1996). 전시이론과 기법 연구집. 국립중앙과학관.
- 국성하(2008). 교육공간으로서의 박물관 : 1909년부터 1945년을 중심으로. 박물관교육연구, 2:33-56.
- 권순관, 김미희(2013) 과학기반 전시관에 나타난 전시특성에 관한 연구-대덕연구단지 전시관을 중심으로-. 조형미디어학, 16(1), 15-22.
- 16(1): 15-22.
- 김성원, 최고운(1999). 과학관 이용자 만족도 평가 : 4개 과학관의 전시실을 중심으로. 교과교육학연구, 3(2):161-182.
- 김성진, 이현수. (2014). 내러티브 관점에서의 과학박물관 전시공간 분석.

- 한국실내디자인학회 논문집, 23(2), 108-116.
- 김소희, 송진웅(2003). 과학관 전시물의 특징과 학생들의 전시물에 대한 인식 : 서울시 소재 3개 과학관을 중심으로. 한국과학교육학회지, 23(5):544-560.
- 김이슬, 손정주, 정종철(2011). 교육프로그램 분석을 통한 비형식 과학교육기관의 교육적 역할 제고: 서대문자연사박물관을 중심으로. 과학교육연구지, 35(2):149-158.
- 김찬중, 신명경, 이창진, 차현정(2006). 자연사 박물관 전시물의 학교 지구과학 교육과정 반영 정도와 전시 방법의 교육적 분석: 미국의 사례를 중심으로. 한국지구과학회지, 27(2), 130-139.
- 김찬중, 이선경, 유은정, 한혜진, 신명경, 최종립(2010). 과학 및 과학 교수학습에 대한 과학교사의 인식론적 이해의 탐색. 한국과학교육학회지, 30(2):218-233.
- 김학현, 장남기(2003). 고등학교 생물 교과서에서의 진화내용분석. 한국과학교육학회지, 23(5):470-483.
- 김혜원(2004). 과학관의 교육 활동과 학교 교육의 연계성. 이화여자대학교 석사 학위논문.
- 동효관, 홍준의, 신영준, 김경호, 이길재(2002). 과학사를 이용한 과학영재 생물교수학습 모듈 개발. 생물교육, 30(4), 363-373.
- 문현주, 신명경(2014). 비형식 과학교육의 장으로서의 과학관 전시 패넌에 나타난 인식론적 특징 탐색. 교사교육연구, 53(4), 789-802.
- 미래창조과학부(2014). 제3차 과학관 육성 기본 계획.
- 류재만(2008). 학교 연계 박물관, 미술관 학습을 위한 워크시트 개발 프로세스에 관한 연구. 미술교육연구논총, 23:121-144.
- 박재근(2013). 한국과 미국 과학 교과서의 진화 내용요소와 설명 방식에 대한 비교. 생물교육, 41(3): 406-420.
- 박정희, 김경훈(2012). 과학문화를 위한 과학관의 역할과 발전방안 연구. 한국과학예술포럼, 11, 61-71.

- 박종래, 최준혁, 배선화, 임채진(2004). 일본과학계박물관의 전시수법과 연출에 따른 이용자행동 반응에 관한 연구. 한국실내디자인학회, 6(1), 127-130.
- 박종분, 이미숙, 이길재(2003). 자연선택개념의 이해를 위한 활동중심수업의 효과. 한국과학교육학회지, 23(5): 505-516.
- 박희송, 이홍우, 김학현, 이용철, 정효철(2012). 고등학교 생명과학Ⅱ. 교학사.
- 송기혜(2009). 자연사 박물관 전시커뮤니케이션 효과 증진을 위한 최적화 연출에 관한 연구. 한국디자인포럼, 25, 113-122.
- 송순희, 이영하, 이종록, 김성원, 강순희, 박종운, 유계화(1991). 수학 및 과학 교과내용의 연계성 분석을 위한 준거모형 설정과 예시적 분석. 한국과학교육학회지, 11(2), 119-131.
- 손정주, 김이슬, 정종철(2009). 자연사박물관 교육프로그램에 대한 참가학생과 학부모의 만족도 및 학교교육과의 연계에 대한 인식 조사: 서대문자연사박물관을 중심으로. 과학교육연구지, 33(2):237-247.
- 심규철, 여성희, 김용진, 황의욱, 안필현, 이일규(2012) 고등학교 생명과학Ⅱ. 비상에듀.
- 안선영, 김산하(2015). 내용적 관점에서 분석한 과학전시 국내연구 동향과 과제. 한국과학예술포럼, 21, 239-252.
- 안주현, 전상학(2015). 생명과학Ⅱ 교육과정 및 교과서에 나타난 원핵생물의 유전자 발현 조절 관련 내용 분석. 생물교육, 43(2), 110-121.
- 우현주, 차희영(2013). 제7차와 2009개정 과학 교육과정에 따른 중, 고등학교 교과서 내 진화단원의 연계성 분석. 생물교육, 41(4):618-637.
- 유선경(2014). 생명과학의 철학. 생각의힘.
- 윤혜영(2010). 커뮤니케이션 효과를 높이기 위한 전시스토리텔링의 적용: 자연과학계 박물관을 중심으로. 박물관학보, 19, 285-306.
- 윤혜경(2004). 학교 과학교육을 위한 '학교 밖' 과학교육의 한 가지 개선 방안 : 과학 탐구 경연과 과학 탐구 인증제. 과학교육연구, 27:

55-79.

- 이병준(2015). 박물관교육에서의 스토리텔링 모델 연구. 문화예술교육연구, 10(4): 101-114.
- 이보아(2002). 박물관학 개론. 김영사.
- 이선경, 신현정, 명전옥, 김찬중. (2010). 과학관 교육 프로그램이 초등학생들의 과학 학습 동기에 미치는 영향. 초등과학교육, 29(1), 47-55.
- 이영진(2004). 박물관 전시의 이해. 학문사.
- 이정원(2012). 지역 박물관과 연계한 학교 교육 : 국립전주박물관의 사례를 중심으로. 박물관교육연구, 8:17-27.
- 이재익(2011). 과학전시 인터랙티브 영상매체 현황 연구. 한국디자인문화학회, 17(4): 195-509.
- 이준규, 이병룡, 구향모, 오현선, 유해미, 강희정(2012) 고등학교 생명과학 II. 천재교육.
- 이춘승, 이미숙, 이길재(2007). 중, 고등학생들의 진화에 관한 오개념 유형과 유형별 원인 분석. 생물교육, 35(4), 611-621.
- 임미혜, 소금현, 심규철, 여성희(2010). 과학관 전시물의 전시영역 및 교육과정과의 연계성분석. 교과교육학연구, 14(2): 433-451.
- 임지은, 이봉우(2014). 전시물 관람률과 관람시간에 따른 과학관 관람 형태 분석 : 국립과천과학관 기초 과학관을 중심으로. 교과교육학연구, 18(4): 1011-1032.
- 장은경, 임인배, 현혜정(2009). 과학관 전시기획 프로세스 연구-과천과학관 기초과학분야를 중심으로-. 한국디자인포럼, 25: 281-290.
- 장현숙, 최경희(2006). 현장학습을 통한 중학생들의 과학관 선호도 및 인식 변화. 한국과학교육학회지, 26(3), 258-267.
- 최경희, 장현숙, 이현주(2006). 과학관 교육 프로그램 활용에 대한 초등학교 교사들의 인식. 초등과학교육, 25(3), 331-337.
- 최종덕(2014). 생물철학. 생각의힘.

- 하민수, 차희영, 구슬애(2010). 생물 전공자와 비전공자의 진화에 관한 개념, 흥미, 수용 및 종교성에 관한 연구. *생물교육*, 38(3), 467-475.
- 한문정, 양찬호, 노태희(2010). 과학관을 활용한 교수·학습에 대한 교사들의 인식과 교육 요구. *한국과학교육학회지*, 39(8), 1060-1074.
- 홍후조. (2002). 교육과정의 이해와 개발, 문음사.
- 황규호(1999). 초·중등 교육과정의 연계성 증진을 위한 검토 과제. *교육과정연구*, 17(1): 167-192.
- 황수연, 이진성(2000). 감수분열에 대한 고등학생들의 이해를 도울 수 있는 방안. *생물교육*, 28(4), 342-347.
- 황신웅(2014). 스토리텔링, 교육을 아우르다. 성균관대학교출판부.
- American Association for the Advancement of Science(AAAS)(1989). *Project 2061: Science for all Americans*.
- Abzhanov, A., Kuo, W. P., Hartmann, C., Grant, P. R., Grant, B. R. & Tabin, C. J.(2006). The *calmodulin* pathway and evolution of beak morphology in Darwin's finches. *Nature* 442: 563-567.
- Abzhanov, A., Proas, M., Grant, B.R., Grant, P. R., & Tablin, C. J.(2004). *Bmp4* and morphological variation of beaks in Darwin's finches. *Science* 305(5689): 1462-1465.
- Akam M.(1989). Hox and HOM: homologous gene clusters in insects and vertebrates. *Cell*. 57(3): 347-349.
- Borun, M., & Massey, C. (1990). Cognitive science research and science museum exhibits. Visitor studies: *Theory, research, and practice*, 3, 231-236.
- Caswell, H. L., & Campbell, D. S. (1935). *Curriculum development*. American Book Company.
- Clough, M. P. (1994). Diminish students' resistance to biological evolution. *The American Biology Teacher*, 56(7), 409-415.
- Cotes, N.(2012). *Narrative Architecture*, Spacetime.

- Davis, E. A., & Krajcik, J. S. (2005). Designing educative curriculum materials to promote teacher learning. *Educational researcher*, 34(3), 3-14.
- Dobzhansky, T. (1973). Nothing in biology makes sense except in the light of evolution. *The American Biology Teacher*, 35(3), 125-129.
- Edson, G, & David, D.(1994). *The Handbook for museums*. New York and London: Routledge.
- Edson, G., & Dean, D.(1996). *The Handbook for museums*. London, Routledge
- Falk, J. H. & Dierking, L .D.(2000). *Learning from museums: Visitors experiences and their making of meaning*. Walnut Creek, CA: Altamira Press.
- Feher, E.(1990). Introduction museum exhibition as tools for learning: Explorations with light, *International Journal of Science Education*, 12(1): 35-49.
- Feher, E., & Rice, K. (1985). Development of scientific concepts through the use of interactive exhibits in a museum. Curator: *The Museum Journal*, 28(1), 35-46.
- Finnerty, K. O. (1996). Introduction to a museum school: the museum process as pedagogy. *Journal of Museum Education*, 21(1), 6-10.
- Freytag, G. (2012). *Freytag's technique of the drama*, Forgotten Books.
- Gardner, H. E. (1993). The unschooled mind: why even the best students in the best schools do not understand. *The International Schools Journal*, 29.
- Gardner, H. E. (2000). *Intelligence Reframed: Multiple Intelligences*

- Perseus Books Group.
- Gilbert S. F.(2014). *Developmental Biology* 10th edition. Sinauer Associates.
- Henriksen, E. K., & Frøyland, M.(2000). The contribution of museums to scientific literacy: views from audience and museum professionals. *Public Understanding of Science*, 9(4), 393–415.
- Henriksen, E. K. & Jorde, D.(2001). High School students' understanding of radiation and the environment: can museum play a role? *Science Education*. 85: 189–206.
- Hill, P.(2010). *Elements of a Novel: Structure and Plot*, Routledge.
- Hirst, P. H. (1970). Philosophy and religious education: a reply to DZ Phillips. *British Journal of Educational Studies*, 18(2), 213–215.
- Hughes, P. (2012). *Exhibition Design*. Philip Hughes.
- International Council of Museums(ICOM)(1974). *Statutes*, International Council of Museums, Paris, 1.
- Koster, E. H. (1999). In search of relevance: Science centers as innovators in the evolution of museums. *Daedalus*, 128(3), 277–296.
- Lord(2002). *The Manual of Museum Exhibition*. The Altamira Press.
- Lucas, A. M. (1983). Scientific literacy and informal learning, *Studies in Science Education*, 10, 1–36.
- Mayr, E. (1997). *This Is Biology: The Science of Living World*. Harvard University Press.
- Mayr, E. (2001). *What Evolution Is*. Orion Publishing Group Ltd.
- National Science Teachers Association(NSTA)(1998). *Informal Science Education: An NSTA position statement*. Washington, D. C.: The author.
- National Research Council(NRC)(1996). *National Science Education*

- Standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- Nusslein-Volhard, C. & Wieschaus, E.(1980) Mutations affecting segment number and polarity in *Drosophila*. *Nature* 287(5785): 795-801.
- Oliva, P. F.(2009). *Developing the Curriculum* 7th ed. Pearson Education, Inc.
- Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R., & Duschl, R. (2003). What “ideas about science” should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. *Journal of research in science teaching*, 40(7), 692-720.
- Osborne, J., & Dillon, J. (2007). Research on learning in informal contexts: Advancing the field? *International Journal of Science Education*, 29(12), 1441-1445.
- Pierce, B. A. (2012). *Genetics: A conceptual Approach*. 4th edition. Freeman.
- Plummer, J. D., & Krajcik, J. (2010). Building a learning progression for celestial motion: Elementary levels from an earth-based perspective. *Journal of Research in Science Teaching*. 47(7), 768-787.
- Reece, J. B., Urry, L. A., Cain, M. L., Wasserman, S..A., Minorsky, P. V., & Jackson, R. B. (2011). *Campbell Biology* 9th edition. Benjamin-Cummings Publishing.
- Rennie, L. J., Feher, E., Dierking, L. D., & Falk, J. H. (2003) Toward an agenda for advancing research on science learning in out of school settings. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(2), 112-120.
- Roberts, K. G. (2012). *Alterity and narrative: stories and the negotiation of western identities*. SUNY Press.

- Sadava, D., Hills, D. M., Heller, H. C. (2012). *Life: The science of Biology* 9th edition. Freeman.
- Saylor, J. G., Alexander, W. M., & Lewis, A. M. (1981). *Curriculum Planning for Better Teaching and Learning*. Tokyo: Holt-Saunders Japan.
- Semper, R. J. (1990). Science museums as environments for learning. *Physics today*, 43, 50-59.
- Sober, E. (1993). *The nature of selection: evolutionary theory in philosophical focus*. University of Chicago Press.
- Tanner, D., & Tanner, L. N. (1980). *Curriculum development: Theory into practice*. New York: Macmillan.
- Tyler, R. W. (1949). *Basic principles of curriculum and instruction*. University of Chicago Press. Illinois, USA.
- Weasner, B. M., Weasner, B., DeYoung, S. M., Michaels, S. D., & Kumar, J. P. (2009). Transcriptional activities of the Pax6 gene eyeless regulate tissue specificity of ectopic eye formation in *Drosophila*. *Developmental biology*, 334(2), 492-502.
- Wellington, J. (1991). Newspaper science, school science: friends or enemies?. *International Journal of Science Education*, 13(4), 363-372.
- Wellington, J. (1994). *Using informal learning to enrich science education. Secondary science: Contemporary issues and practical approaches*. London & New York: Routledge.
- Wolpert, L., & Tickle, C. (2007). *Principles of Development*. 3rd edition. Oxford University Press.

Abstract

Development of Content for Science Center Exhibitions in Connection with the Life Science Curriculum for the Integrated Understanding of “Continuity of Life”

Ahn Ju Hyun

Biology Major

Department of Science Education

The Graduate School

Seoul National University

Continuity of life is one of the essential features of life that has passed down genetic information over numerous generations and contained the continuous process until today through interactions with the environment since the birth of the first life in the history of Earth. In high school Life Science textbooks, the continuity of life is a topic to link together various units, which include cells and cell division, reproduction and development, heredity, genes and gene

expression, and evolution within the subject in an integrated fashion. Since there are diverse numbers and levels of concepts about the topic, it required integrated learning. The purpose of this study was thus to develop content for high school-level science center exhibitions available in connection with formal education in order to promote the integrated understanding of the continuity of life.

For this purpose, the study first analyzed the ways the integration of continuity of life was displayed in the national curriculums from the First Curriculum to the 2015 Revised Curriculum. After analyzing and categorizing the content elements related to the continuity of life in the curriculums, the investigator identified elements to strengthen connections between the categories in professional material and supplemented the old content elements with them. Based on the results, exhibition content was then developed according to the exhibition planning process for science exhibitions over three stages: selecting an exhibition topic, planning the exhibition content, and evaluating the exhibition content. All the data were checked in three types of sources or more before addition. The developed content was reviewed and assessed by an expert.

The findings show that the continuity of life was continuously dealt with in the high school curriculums from the First Curriculum to the 2015 Revised Curriculum. As its coverage was segmented according to the curriculums, however, there was a lack of horizontal articulation in it. The major content elements were categorized into cell division, reproduction and development, heredity, gene expression, and evolution. Connections among these five categories were then secured based on biological grounds. The continuity of life was chosen as the topic of the exhibition content. Considering that the evolution of life served as the framework to offer logical

interconnectivity among the content elements of continuity of life, the investigator created storytelling by connecting its content elements with the curriculum with a focus on the evolution of life. The main theme of the developed exhibition content was “Live Evolution Center: On-Air.” The overall exhibition content consisted of seven middle topics, which included “our common features,” “origin of life,” “core events of evolution,” “genes and mutation,” “gender and genetic combinations,” “environment and natural selection,” and “Open Lab.” It was designed in a way that viewers would make an inquiry into “How is it possible that life has continued in various forms?” with 26 small topic exhibits. The main materials of the exhibition were chosen for easiness to be connected with the curriculum directly in order to promote their familiarity with viewers. The exhibition was differentiated from the old ones by increasing the percentage of experience-based exhibits and installing an Open Lab to encourage active communication between the exhibition and viewers. The evaluation results of the developed content show that it scored high points in all aspects including the reflection of content elements of continuity of life, possibilities of connection with the curriculum, promotion of the students’ integrated understanding, and stimulation of interest in science.

The present study claims its significance by proposing content integration based on evolution, and form integration based on the connection of formal and informal education to increase the integrated understanding of continuity of life. It is also significant in that it ran all the stages of exhibition planning from the perspective of science education; thus, providing implications for the future development of new science exhibition content and search for methods of integrated science education.

keywords : Continuity of life, Evolution, Curriculum, integrated science education, Science center, Exhibition

Student Number : 2010-30411